بتن آرمه ۱

Subject :
Year : Month : Date :

۱_ مقدمات
۲_ مشخصات مکانیکی مصالح { بتن / آرماتور }
۳_ روشهای طراحی
۴_ طراحی اعضای فشاری
۵_ طراحی اعضای خمشی
۶_ " " برشی
۷_ " " پیچشی
۸_ مهار و وصله‌ی آرماتورها
۹_ طراحی تیر و ستونها

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان
← آزمون نظام مهندسی
حضور در کلاس و حل تمرین.

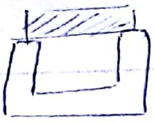
مراجع: آیین‌نامه‌ی بتن ایران (آبا)
_ تفسیر آبا
(مفاهیم) _ کتاب طراحی سازه‌های بتنی کی‌نیا
_ Manual concrete practice
(MCP) → ACI
0912 349 0015 _ مهندس [illegible]

مقدمه:

مقاومت در برابر بارهای وارده ← انرژی سرویس در عمر بهره‌برداری ← طراحی سازه ← هدف اصلی

هر کاربری به سازه یک بار اعمال می‌کند ← (سیستم مناسب) در برابر بارهای وارده

← آثار بارهای وارده به سازه (بارگذاری) ← اعضا در برابر نیروهای داخلی طراحی شود. (طراحی)
(تحلیل) تنش‌های داخلی + تغییر شکل‌ها برآورد شود.


کالورت جعبه و درپوش

مراحل طراحی سازه:
۱_ انتخاب سیستم Structural system
۲_ برآورد بارهای وارده. loading
۳_ تحلیل سازه. Analysis
۴_ طراحی سازه Design

VAHDAT
Scanned by CamScanner

Subject:
Year: Month Date

بارگذاری:

* اهمیت محاسبه یا برآورد بارها در طراحی سازه بسیار حائز اهمیت است.

* بارهای وارده تابعی از بهره برداری سازه است.

* برآورد تقریبی صحیح از بارها بایستی مطابق با استانداردها و آیین نامه ها باشد.

احتمالاتی و عدم اطمینان

کلیات
مقررات
|
۶_ بارهای وارده ساختمان
۷_ پی
۸_ مصالح بنایی
۹_ بتن
۱۰_ فولاد
۱۱_
۱۲_ طراحی سازه های ساختمانی
|
۲۱_ پدافند غیر عامل.

* انواع بارهای وارده بر سازه:

- بارهای ثابت و دائمی ← وزن مرده ی سازه
← وزن اجزای ثابت معماری

-

- بارهای زنده و بهره برداری ← بار [illegible] زنده

- بارهای محیطی ← بار باد
← " برف
← " زلزله

- بارهای خودکرنشی ← بار حرارت
← بار نشست
← و ...

- فشار سیال F
فشار خاک H

۱_ بار مرده . Dead load : (DL)

ویژگی ها: مقدار و مکانش ثابت است.

(وزن مخصوص * حجم اجزا)

وزن اجزای سازه ای
بار غیر سازه ای Super Dead load

VAHDAT

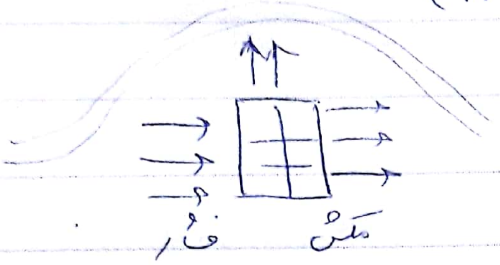
Scanned by CamScanner

Subject:
Year: Month Date:

۲_ بار زنده: live load (LL)
- بار زنده‌ی بام L_r
- بار زنده‌ی طبقات L

ویژگی: متغیر و مکانش ثابت نیست

۳_ بار باد ← wind load (WL) (W)



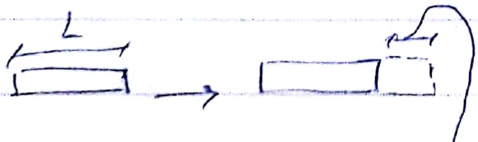
- عوامل جغرافیایی { محل، توپوگرافی.
- شکل
- ارتفاع ساختمان.

۴_ بار برف Snow load (SL) ←
- عوامل جغرافیایی.
- شکل بام
- دمای ساختمان و دمای محیط.
- اثرات همجواری

۵_ بار زلزله ← seimic load
(EQ) Earthquake load
- جابجایی‌های زمین ← اعمال شتاب.
- عوامل جغرافیایی و ژئوتکنیکی
- خردسازی.

۶_ بارهای خودکرنشی (T)
- بار نشست

- بار حرارتی

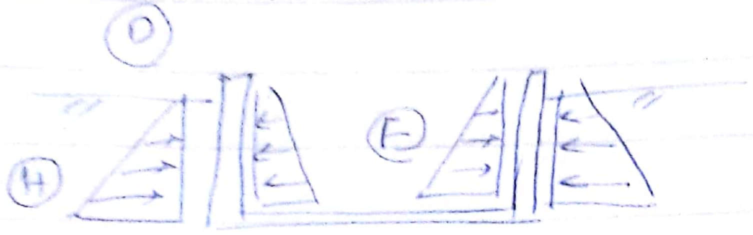


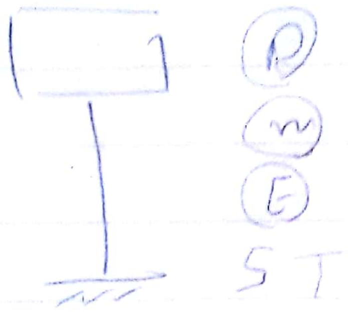
$\Delta T = (T_2 - T_1)$ ← دمای اولیه، دمای ثانویه.

$\alpha L \Delta T$

→ کل سازه ΔT
→ گرادیانی $+T \uparrow$ / $-T \downarrow$

Subject
Year Month Date





E → { فاز دینامیک + هیدرودینامیک }

load combination : ترکیبات بارگذاری

اثرات همزمانی بارها در ترکیبات بارگذاری مطرح است.

↓

مبحث ششم

↑ اقتصاد. ↑ ایمنی.

نقطه اثرات همزمانی
↓
ضرایب بارها
↓
براساس آیین نامه طراحی
معین می شود

1_ D

2_ D + L + (Lr or S)

3_ D + (W or E)

4_ a) D + L + (Lr / S) + (W / E)

b) D + L + (Lr / S) + (0.5 W / E)

5) D + H

6_ D + L + (Lr / S) + H

7- D + T

8- D + L + (Lr / S) + T

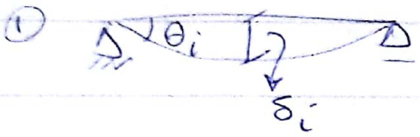
آنها در جمع شد ــــــ نرم افزار

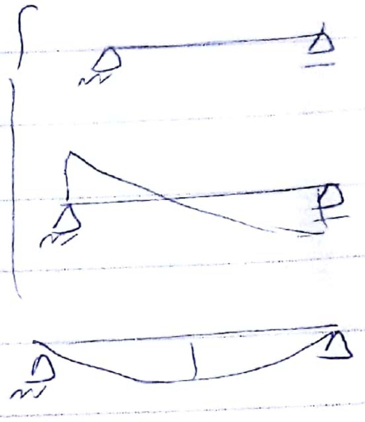
VAHDAT

Scanned by CamScanner

تحلیل و تقسیم بندی اعضاء

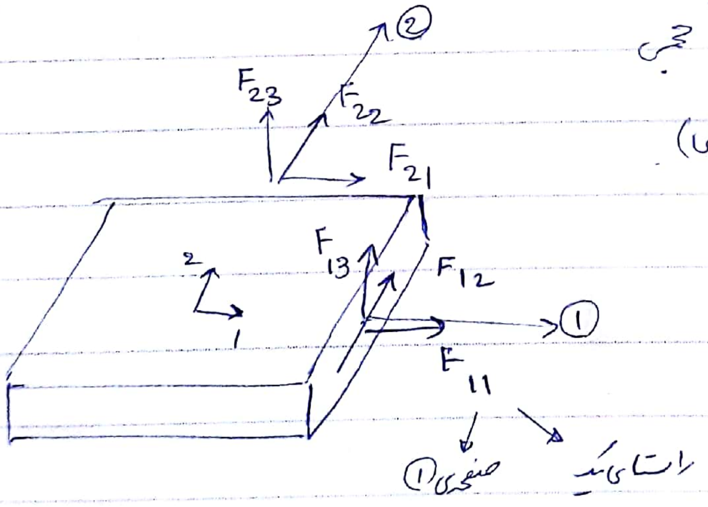
که برآورد آنها رو داخلی ناشی از بارها

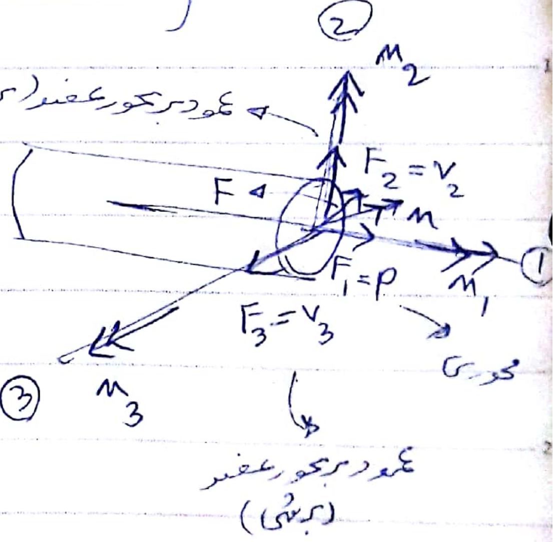


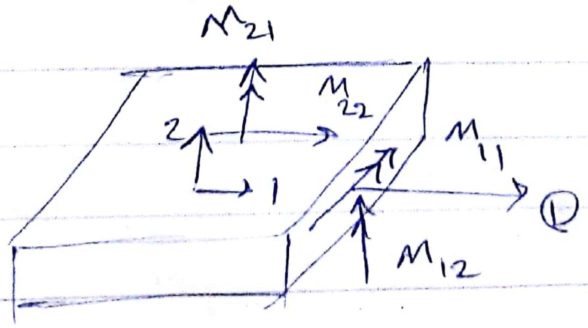


تحلیل سازه‌های اسکلتی استخوانی Framp. تا ۴

انواع اعضا:
- اعضای استخوانی
- " پوسته‌ای (صفحات)
- " حجمی





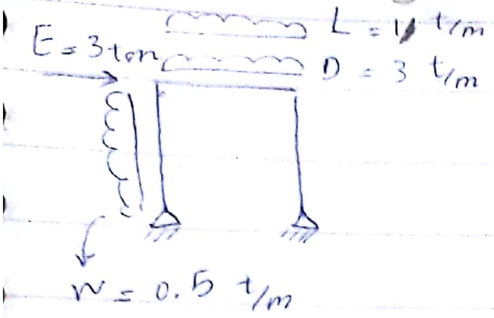


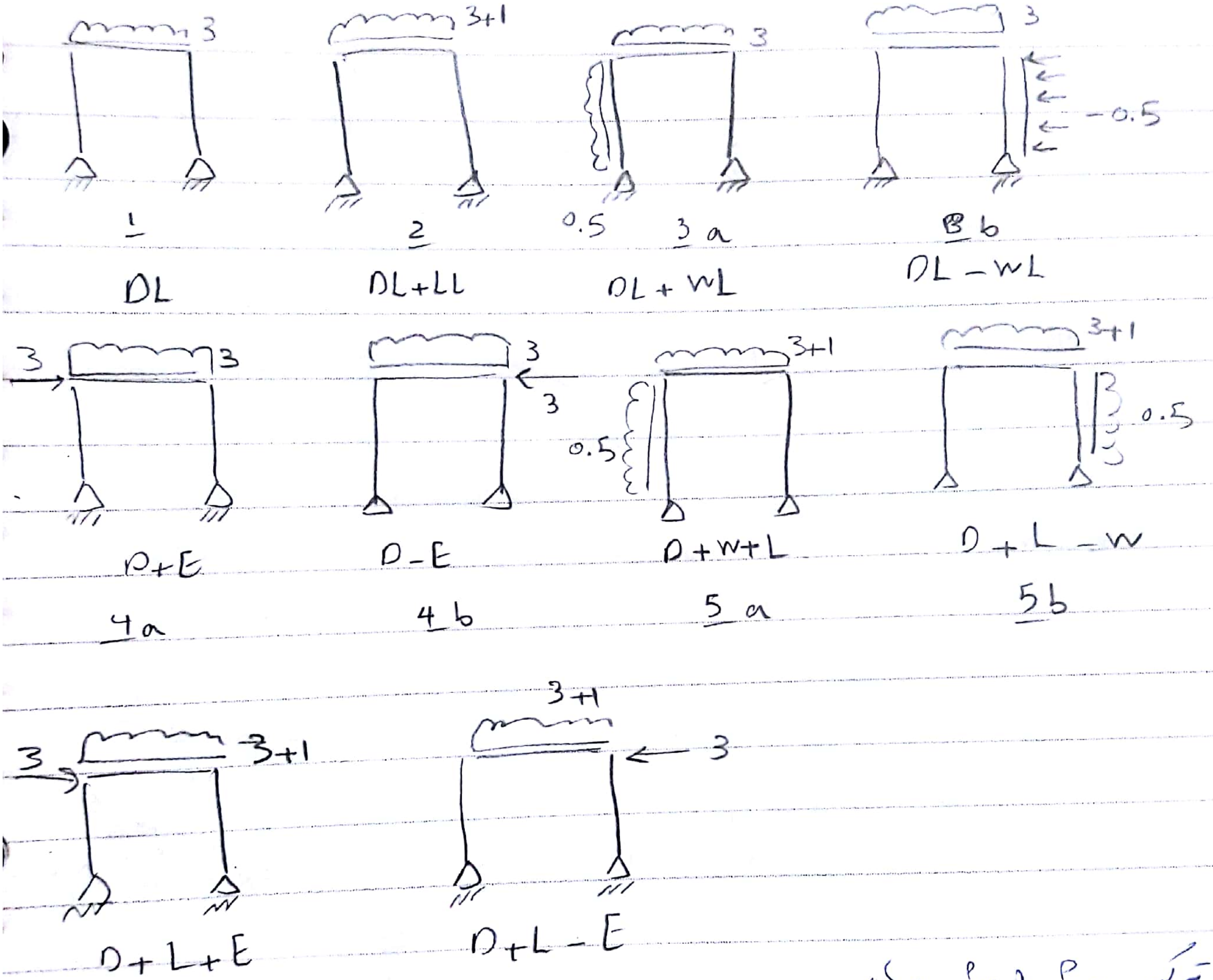
VAHDAT

Scanned by CamScanner

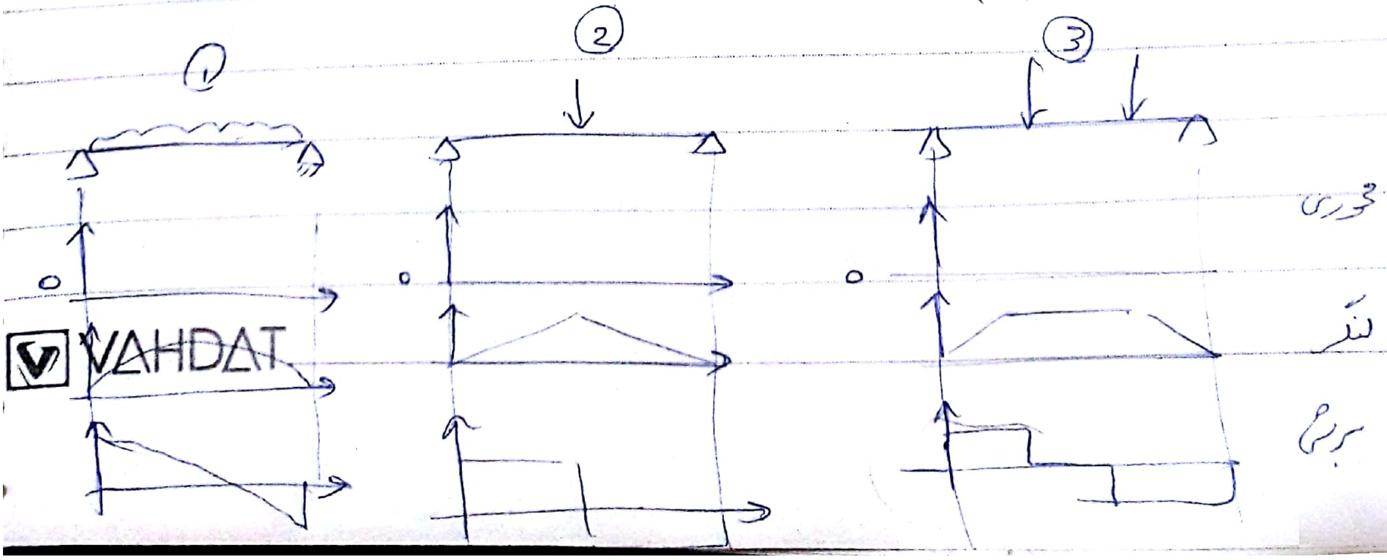
Subject :
Year : Month : Date :

مثال :





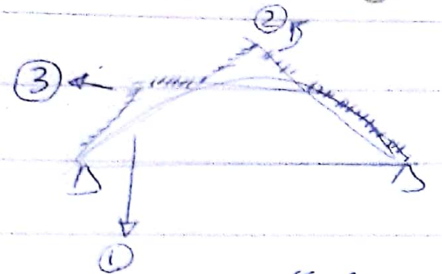
ترکیب پوش (بیشینه ها) :



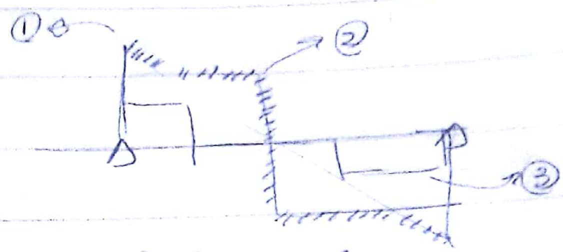
VAHDAT

Scanned by CamScanner

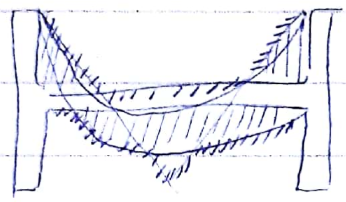
Subject :
Year : Month : Date :



پوشش تنک

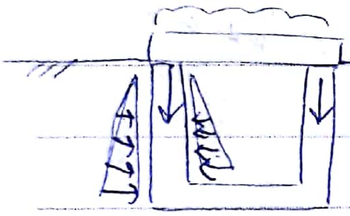


برشی ← پوشش برشی

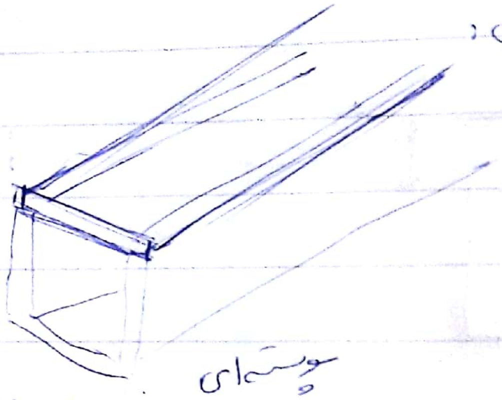


← پوشش تنک

مثال :

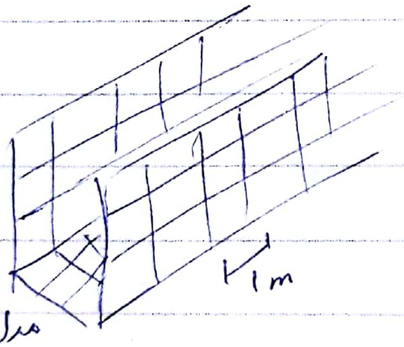


D 3 ton/m
F γH
H
L 2 ton

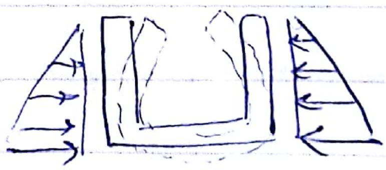


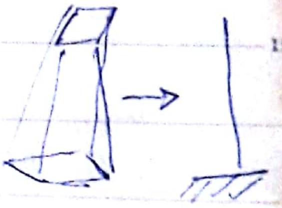
پوسته‌ای

← ازنه پوسته و یک پوسته‌ای سه.

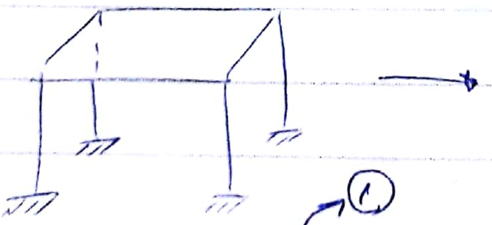


مدل کامل





دستی ↗ تحلیل ↘ نرم‌افزار

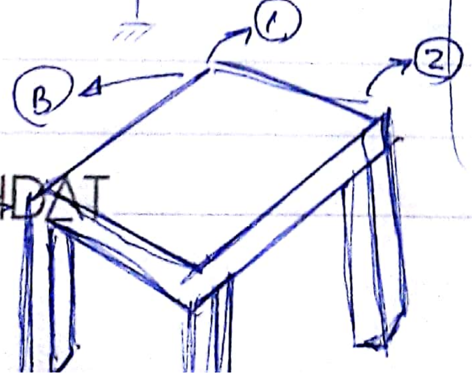


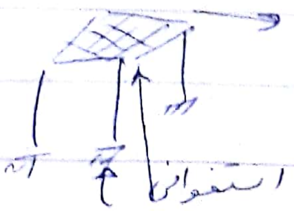
سقف →

مدل تقسیم

↓

اثرات بار سقف اعمال شود





→ پوسته‌ای

استخوانی

VAHDAT

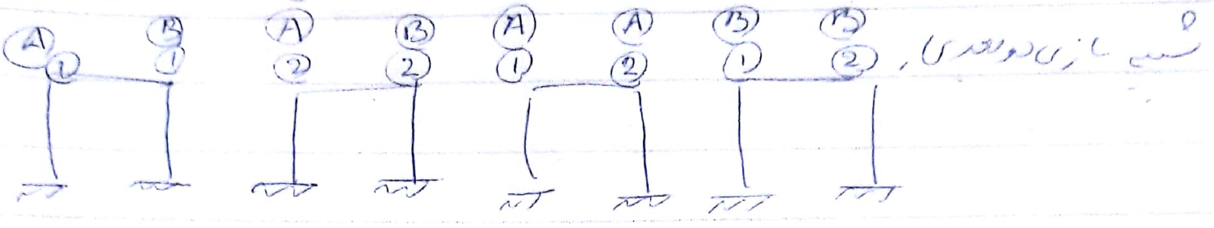
Scanned by CamScanner

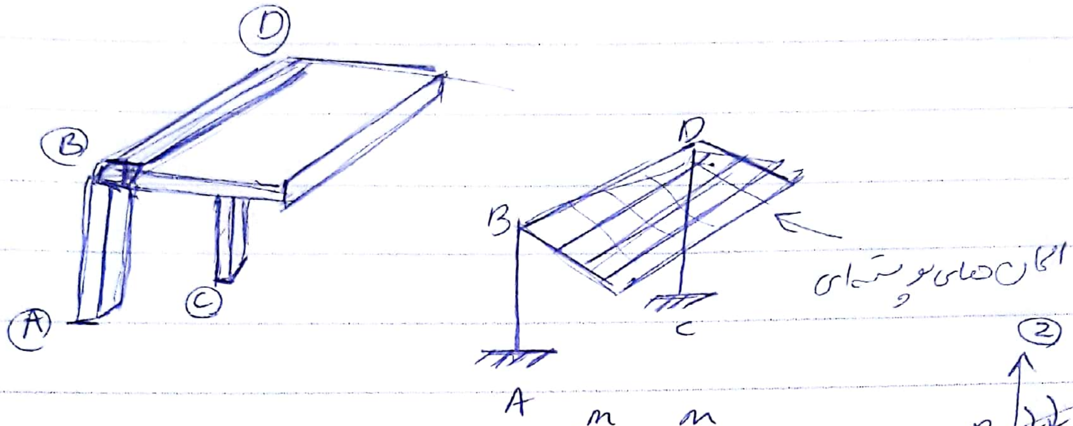
β 1 ton/m

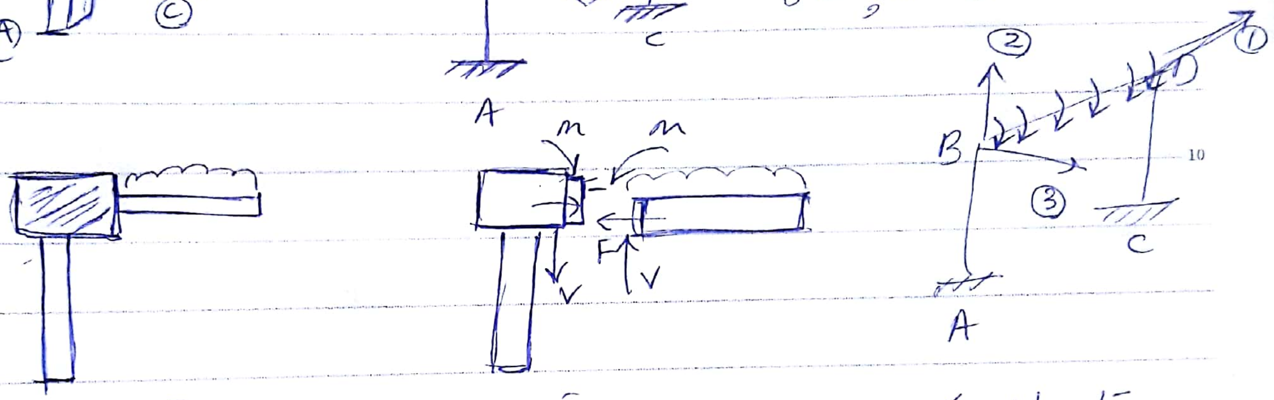
Subject:

Year: Month: Date:

شبیه سازی دو بعدی:







به منظور طراحی یک سازه می بایست پس از تعیین سیستم سازه ای اقدام به تحلیل سازه و محاسبه ی تلاش های داخلی کرد. جهت تحلیل سازه می بایست یک مدل ریاضی شبیه به رفتار واقعی سازه را در نظر گرفت. سپس با انتخاب طراح حالت های مختلفی از مدل فیزیکی قابل در نظر گرفتن است که شامل مدل ۲ بعدی ۳ بعدی و سایر جزئیات می باشد. در مثال سازه های زیر را در نظر بگیرید.

ما تقبل

بتن: ماده ی مرکب ← مصالح پرکننده + چسب

مصالح پرکننده ↓ شن و ماسه

چسب ↓ خمیر سیمان ← آب + سیمان (مواد چسباننده)

بتن خوب:
- بتن تازه
- بتن سخت شده
- بتن دراز مدت.

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject
Year Month Date

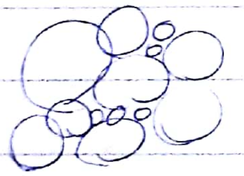
بتن تازه : ← به بتن تازه تولیدی
بتن سخت شده ← به مشخصات مکانیکی سخت شده
بتن دارای مدت : ← عمر بهره برداری مناسب ← مثلاً 50 سال در دوره عمر در برابر عوامل مخرب رفتار مناسب داشته باشد.

بتن های معمولی :

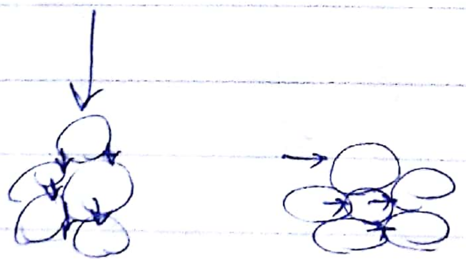
شن	1200 to 800
ماسه	600 to 900
آب	150 → 200 $\frac{kg}{m^3}$
سیمان	300 → 450 $\frac{kg}{m^3}$

نقش سنگدانه: سنگدانه نسبت به سیمان ارزان تر است پس بایستی حجم بیشتری از مخلوط به وسیله مصالح سنگی پر شود.

- سنگدانه باید دانه بندی مطلوب داشته باشد. ← پیوسته باشد.
- شکل مناسب
- مقاومت مناسب.



بتن از ۳ فاز تشکیل شده.
- فاز سنگدانه
- ناحیه تماسی
- فاز خمیر سیمان



مکانیزم انتقال بار

بتن سخت شده :
- دارای سنگدانه با دانه بندی مناسب.
- " " با شکل
- " " با مقاومت "
- " خمیر سیمان با کیفیت خوب جهت متصل کردن اجزا

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject

Year: Month: Date:

کیفیت خمیر سیمان با $\frac{w}{c}$

حداقل آب به سیمان لازم برای هیدراسیون کامل $0.2 \sim 0.23$

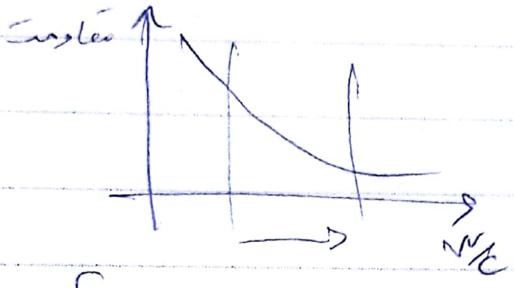
آب به سیمان اجرایی 0.4 to 0.5

0.3

0.25

- در مقاومت فشاری بتن معمولی سنگدانه نقش موثری دارد.

حداقل



بتن از نظر مقاومت

- $f_c < 16$ mpa $= 160 \frac{kg}{cm^2}$ → بتن غیر سازه‌ای
- $16 < f_c < 45$ mpa → بتن مقاومت معمولی
- $f_c > 45$ mpa → بتن پرمقاومت
- $f_c > 80 \sim 100$ mpa → بتن توانمند

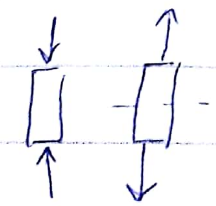
25

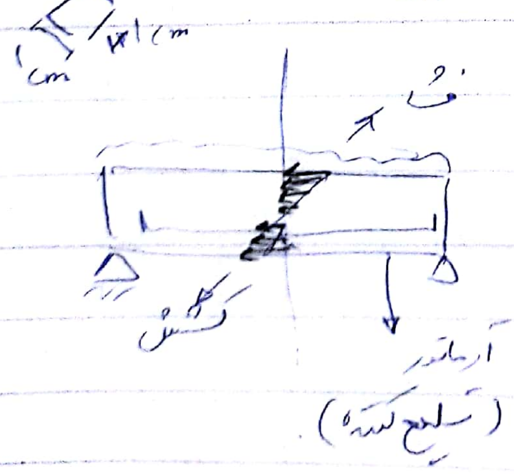
$f_c = 21$ To 30 mpa

طراحی ایران

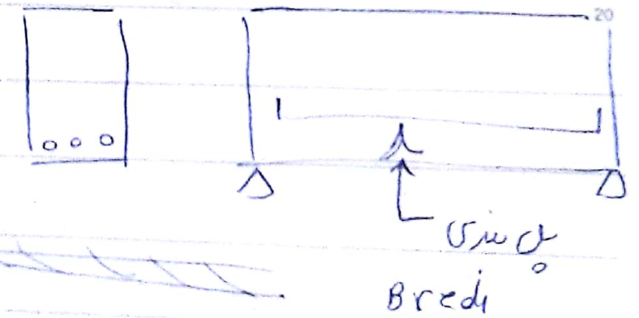
مقاومت کششی (f_t) $\quad f_t = (0.1 \sim 0.15) f_{cc}$

$250 \frac{kg}{cm^2}$





* سازه‌های بتن مسلح:

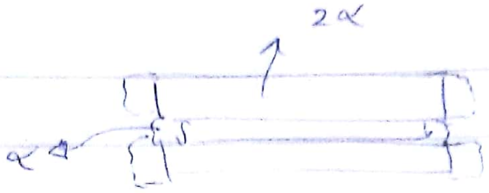


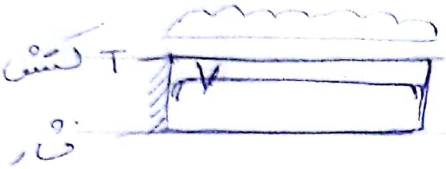
* ضریب انبساط حرارتی بتن و فولاد شبیه هم است.

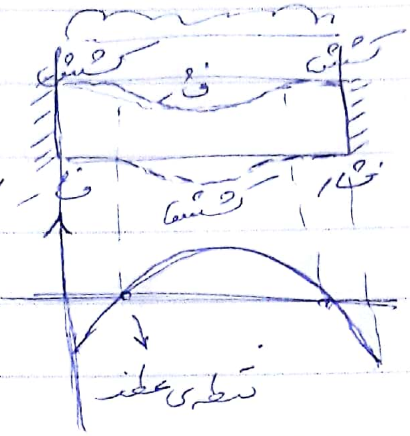
Subject :
Year : Month : Date :

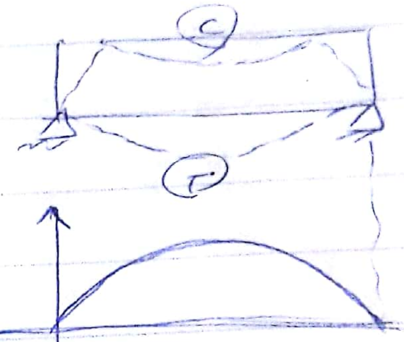
$\alpha_c = 10\times10^{-6}\ \frac{cm}{C^\circ}$

$\alpha_s = 12\times10^{-6}\ \frac{cm}{C^\circ}$

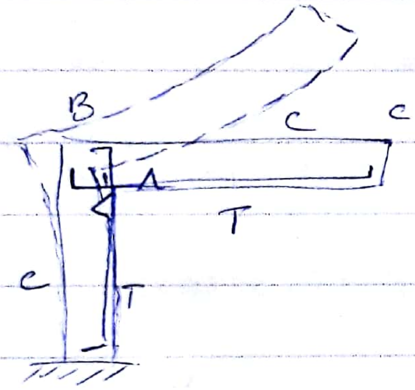


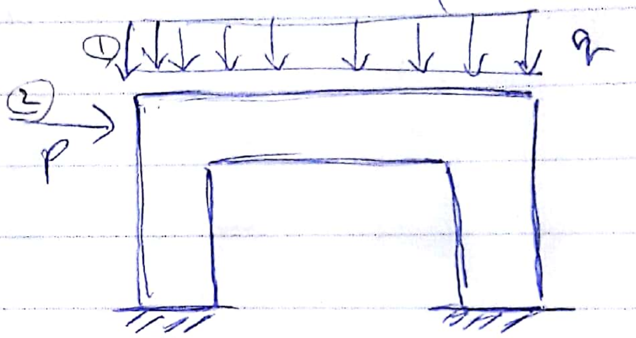




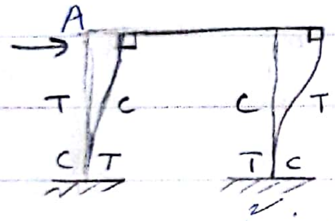


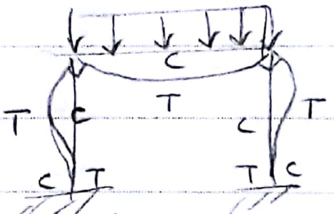
آرماتور این چه شکلی میشه؟





تمرین

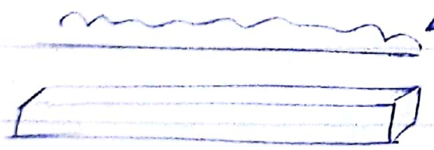




* سازه‌های پیش تنیده :

سازه‌های با دهانه‌ی بلند $(>20m)$ ← نیاز به مقاطع خیلی بزرگ

بار مرده (وزن سازه) زیادی.



$q_L = 500kg$

وزن $q_D = 1000kg$

$q_L = 250\ \frac{kg}{m^2}$

مقطع تیر

$2.0\ \frac{ton}{m}$

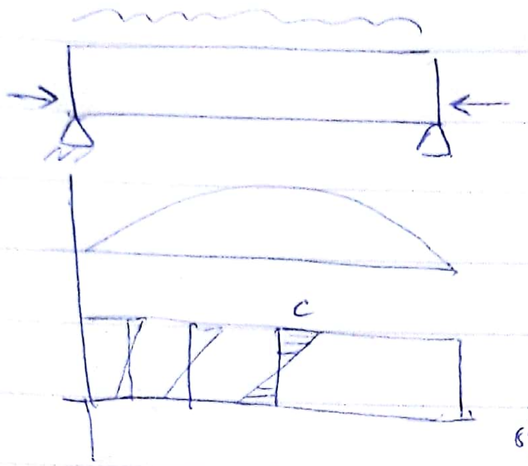
$2000\ \frac{kg}{m^2}$

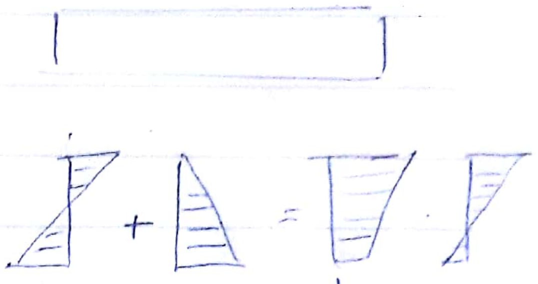
VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject

Year: Month Date





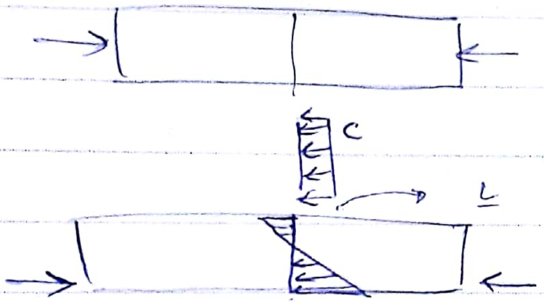
بار

فشار یا فشار + کشش

دهانه‌های کوتاه

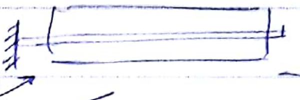
پیش تنیدگی

پیش کشیده



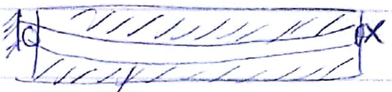
Pre_stressed — تکارت کوچکتر

مدل ۲



به کارخانه

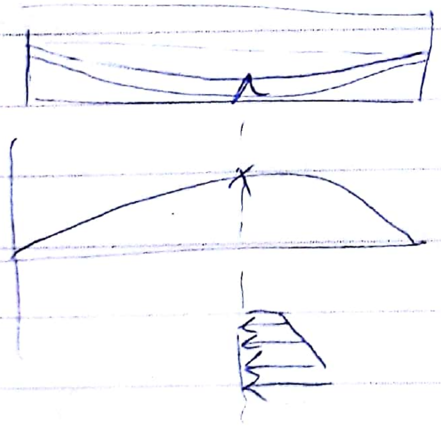
پس کشیده post_stress

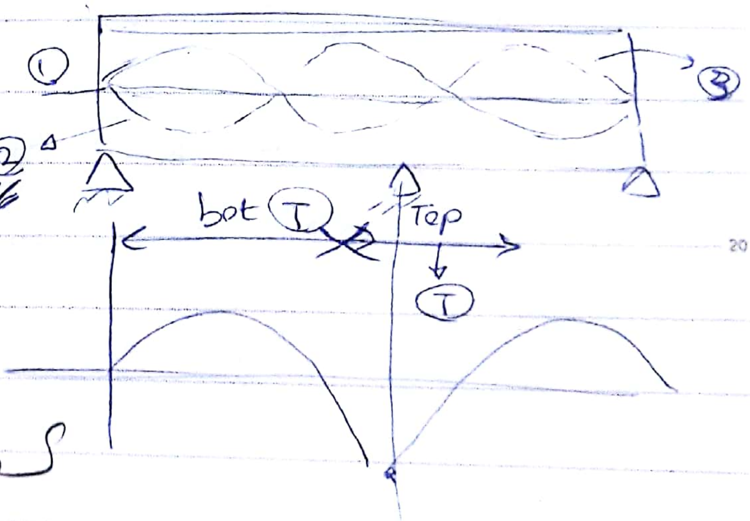


دهانه‌های بلند

غلاف

آزادسازی میلگرد پس از سخت شدن بتن





که این چطوری شد؟

VAHDAT

Scanned by CamScanner

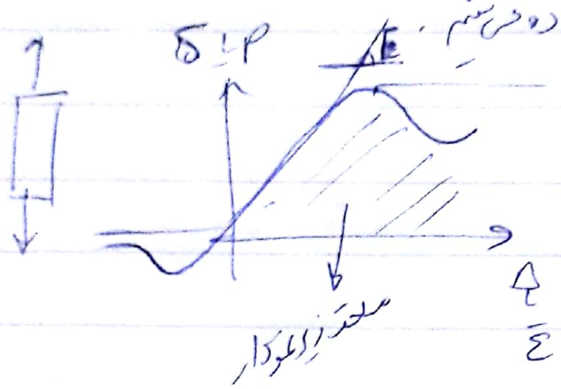
Subject
Year Month Date

مشخصات مکانیکی

Mechanical Properties
(" characteristic)

تمام مشخصات و ویژگی‌های یک مصالح که در تحلیل استفاده می‌شود ← مشخصات مکانیکی.

مشخصات مکانیکی از آزمایش‌های ساده استفاده می‌کنیم.



تحلیل سازه‌های نامعین ← تحلیل ← تغییر شکل

تنش‌های داخلی → ظرفیت و مقاومت مقطع

مدول الاستیسیته

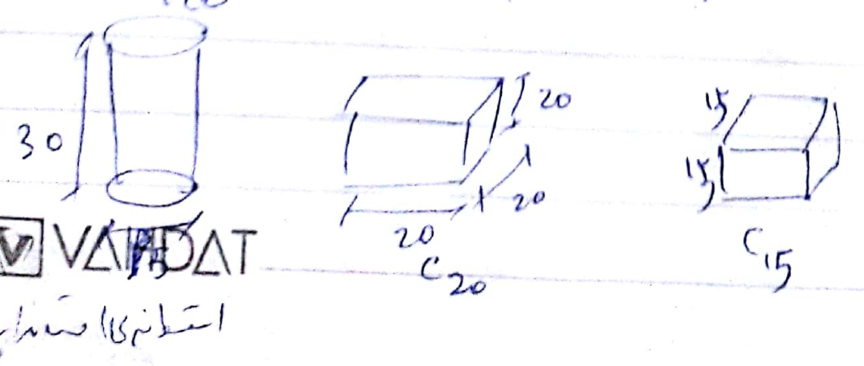
مشخصات مکانیکی:
- مقاومت فشاری
- مقاومت کششی
- مدول الاستیسیته
- مدول برشی یا ضریب پواسون

مقاومت فشاری بتن ۱

$$\sigma = \frac{P_u}{A}$$

مقاومت فشاری در نمونه‌های مکعبی و استوانه‌ای با هم تفاوت دارد.

مقاومت فشاری در نمونه با ابعاد مختلف با هم متفاوتند.

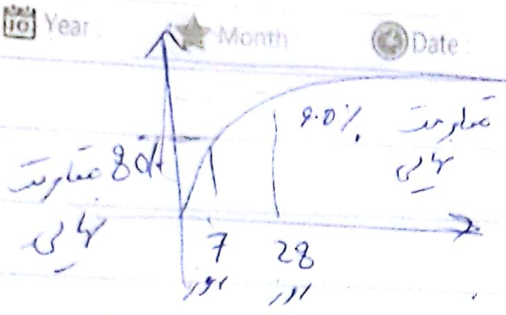


$$f_{cc} = 0.8\, f_{cu_{20\times20}}$$

$$f_{cu_{15\times15}} = 1.05\, f_{cu_{20\times20}}$$

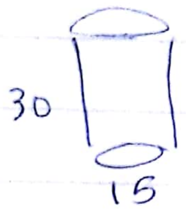
VAHDAT

Scanned by CamScanner

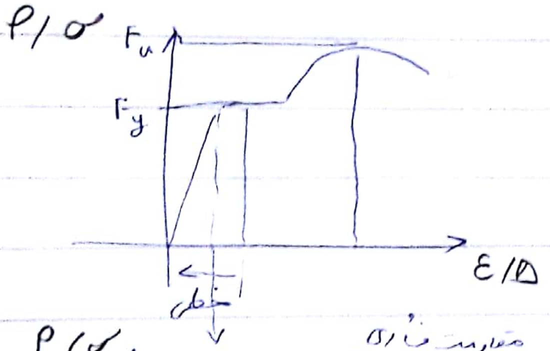


- مقاومت بتن در سنین مختلف متفاوت است.
- سرعت بارگذاری در مقاومت فشاری تأثیرگذار است.

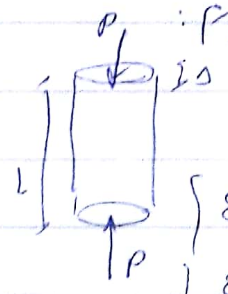
آیین نامه: منظور از مقاومت فشاری بتن مقاومت نمونه ی استوانه ای استاندارد ۲۸ روزه است.



تحت سرعت مشخص + تمهیدات خاص (capping) نمونه ها.



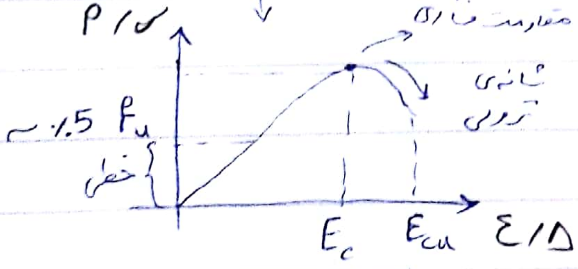
مدلی حجام :



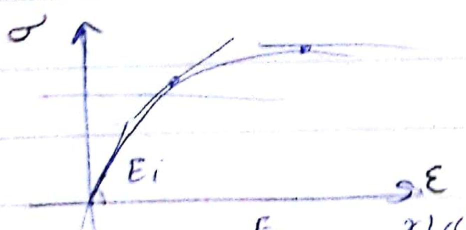
$\delta = \frac{\Delta P}{A}$

$\varepsilon = \frac{\Delta}{L_0}$

$\nu = \frac{\text{تغییر شکل جانبی}}{\text{تغییر شکل محوری}}$

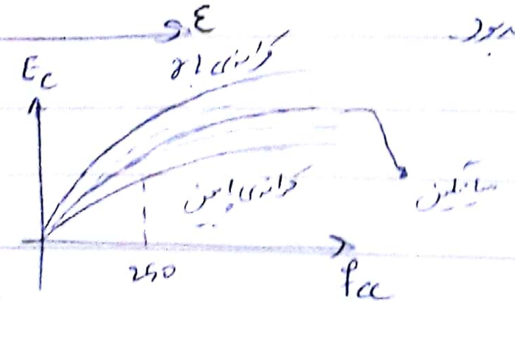


که آزمایش مقاومت فشاری خاص
0.002 to 0.003



مدول الاستیسیته: شیب منحنی تنش کرنش

① اگر تا در محاسبات همان E_i خواهد بود.
به صورت آزمایشگاهی



$E_c = 15800\sqrt{f_{cc}}$ kg cm

$= 5000\sqrt{f_{cc}}$ mpa

VAHDAT
Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

$f_{cc} = 300 \frac{kg}{cm^2} \simeq 30 Mpa$

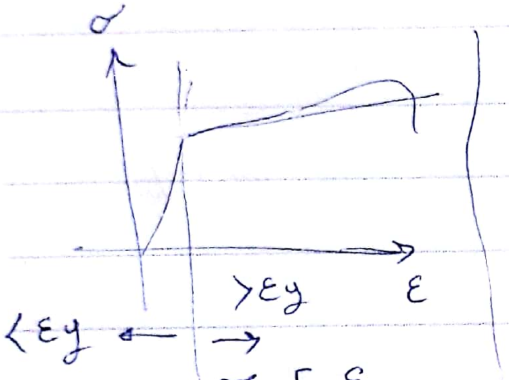
$E_c = 15800\sqrt{300} = 273664.87$

$\simeq 273665 \frac{kg}{cm^2}$

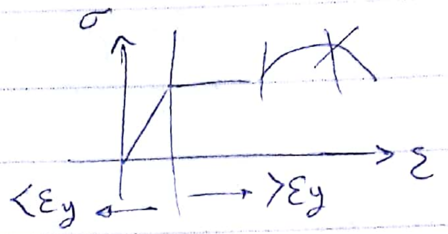
$E_c = 5000\sqrt{30} = 27386.12$

$\simeq 27386 \ Mpa$

منحنی تنش - کرنش :

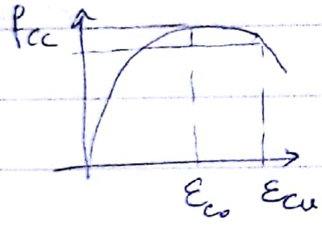


$\sigma = E_1 \varepsilon$ $\sigma = E_2 \varepsilon$



$\sigma = 400 \rightarrow \varepsilon = \frac{2100}{2\times10^6}$

$\varepsilon = 0.0005 \rightarrow \sigma = 0.005\times2\times10^6$



$\sigma \rightarrow \varepsilon\,?$

$\varepsilon \rightarrow \sigma\,?$

$E_c = 15800\sqrt{f_{cc}}$

$\varepsilon_{c_0} = \frac{2f_{cc}}{E_c}$

$f_{cc}\checkmark, E_c\checkmark, \varepsilon_{c_0}\checkmark \rightarrow \boxed{\sigma \rightarrow \varepsilon}$

$\sigma = f_{cc}[2x - x^2]$

$x = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c_0}}$

$\sigma = f_{cc}\left[2\cdot\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^2\right]$

$\begin{cases} f_{cc} = 20 mpa \\ \quad = 40 \ " \\ \quad = 60 \ " \end{cases}$

کلاس - منحنی تنش کرنش رسم.

$f_{cc} = 300 \frac{kg}{cm}$

$E_c = 273665$

$\varepsilon_{c_0} = \frac{2\times300}{273665} = 0.00219$

$\varepsilon = 0.001 \longrightarrow$

$\sigma = 300\times\left[2\times\frac{0.001}{0.00219} - \left(\frac{0.001}{0.00219}\right)^2\right]$

$\sigma = 211 \ \frac{kg}{cm^2}$

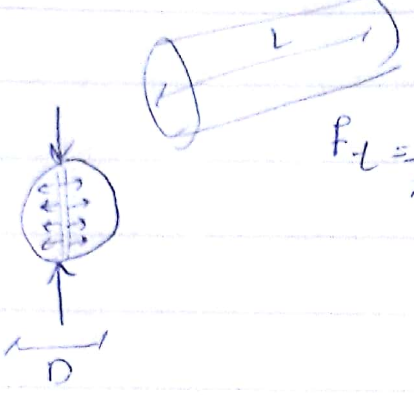
VAHDAT

Scanned by CamScanner

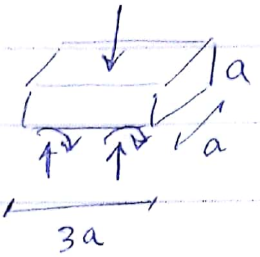
Subject: Year: Month: Date:

۳_ مقاومت کششی Tensile Stngth

روش برای آوردن مقاومت کششی:
- آزمایش برزیلی
- آزمایش خمش سه نقطه.



$$f_t = \frac{P}{\pi D.L}$$



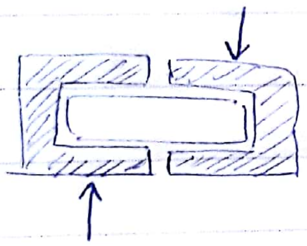
$f_t \approx 10\%\ f_{cc}$ → $(10\ TO\ 15)\%\ f_{cc}$

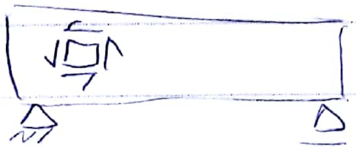
$f_r = 2\sqrt{f_{cc}}\ (kg/cm^2)$ تنش کششی خمشی

$= 0.6\sqrt{f_{cc}}\ (mpa)$

$f_{cc} = 300 \longrightarrow f_r = 2 \times \sqrt{300} = 34.64\ \frac{kg}{cm^2}$

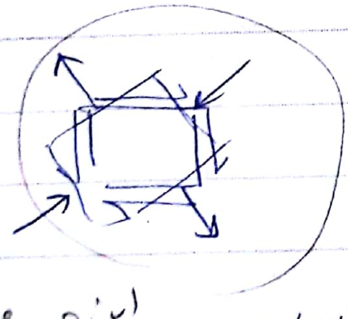
۴_ تنش برشی:





بین برش و کشش ارتباط هست.

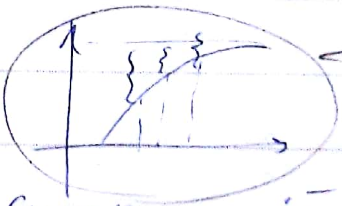
∠ ۴۵



۵_ جمع شدگی بتن shirinkage

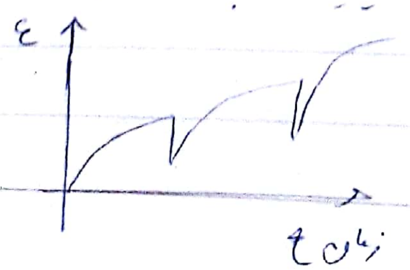
این چیه؟

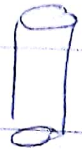
۲ { پلاستیک (بتن تازه) / غیر پلاستیک (بتن سخت شده).



این چیه؟

۶_ خزش بتن Creap _ تغییر شکل بتن در اثر بار ثابت در دراز مدت.



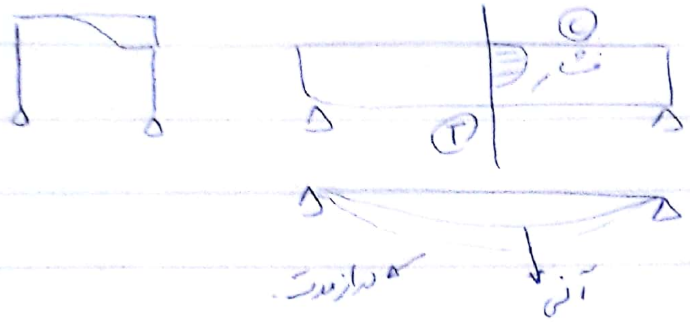


VAHDAT

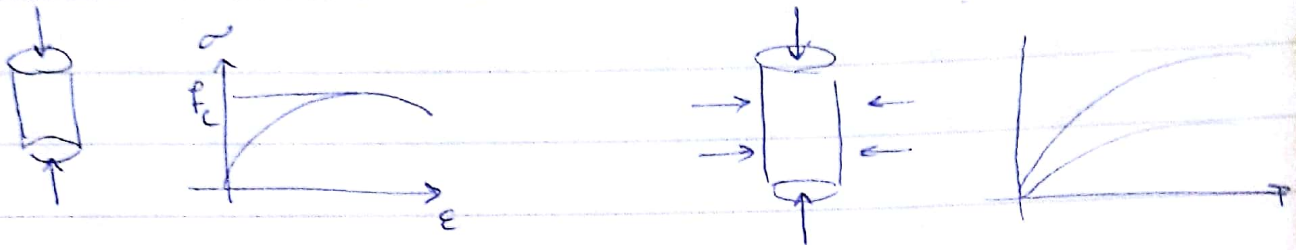
Scanned by CamScanner

Subject :

Year Month Date

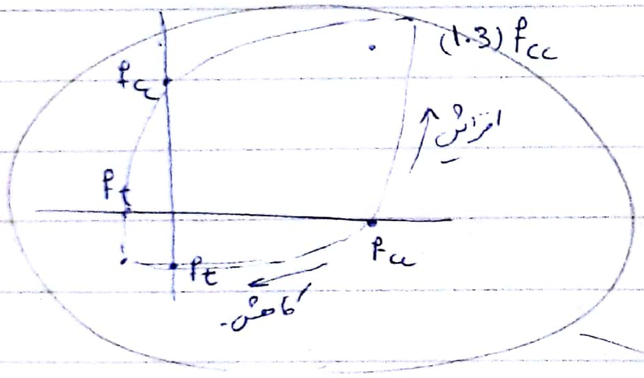


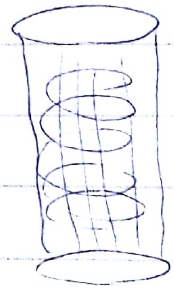
۷- اثر تنش های مرکب



رفتار مصالح تحت اثر تنش یک محوره یا تک محوره نسبت به مصالح تحت اثر تنش چند محوره متفاوت خواهد بود

$$f_{cc} = f_{cc} + P$$





این چی می‌گه؟!

مقاومت فشاری f_{cc}

مدول الاستیسیته $E_c \rightarrow E_c = 15800\sqrt{f_{cc}}$

مقاومت کششی f_t یا $f_r \rightarrow f_r = 2\sqrt{f_{cc}}$

مقاومت برشی

مشخصات مکانیکی فولاد

فولاد آلیاژی است از آهن که از کربن و برخی فلزات ... تشکیل شده است

iron آهن

steel فولاد

Steam less فولاد زنگ نزن

(۱) فولاد در بتن بصورت آرماتور استفاده می‌شود

Ren forceme.
rebar
bar

VAHDAT

Subject

Year Month Date

۲) آرماتور ـــ شکل آرماتور

۱۰<

>۱۰

Rain Bar Φ ساده صاف

Deformed ⌶ آجدار

Φ8 نرم

Φ20 تر

آرماتور با قطر

۳) سایز آرماتورها

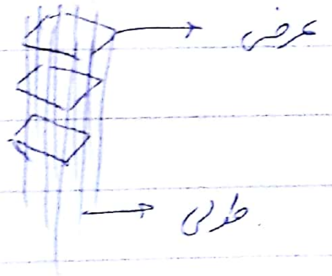
دال‌ها و کف‌ها

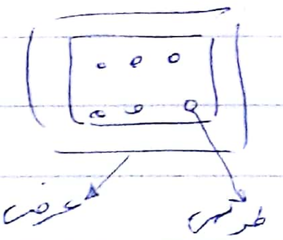
6 8 10 12 14 16 18 20 22 25 28 32

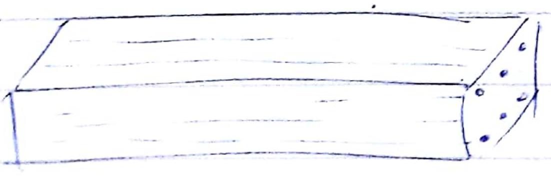
آرماتورهای عرضی

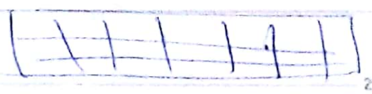
″ طولی

تیرها و ستونها









انواع فولاد

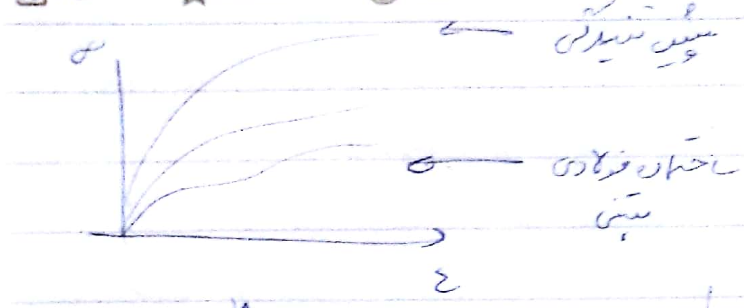
۱ـ فولاد نرم — Mild steel — شکل‌پذیرتر — قابلیت جوش‌خوردن دارد

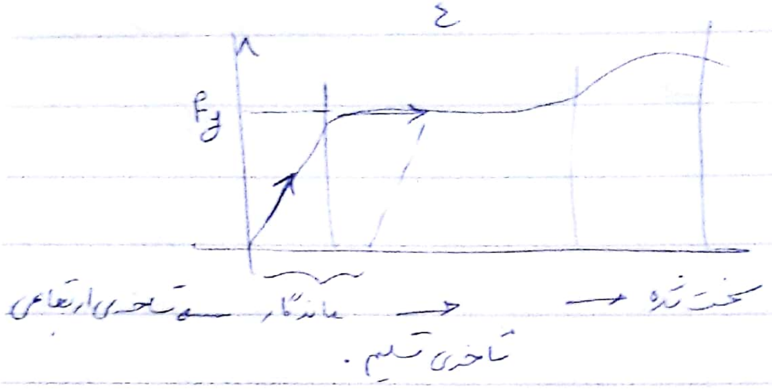
۲ـ ″ نیمه سخت

۳ـ ″ سخت — تردتر — Hard steel — جوشکاری قابلیت ندارد

VAHDAT

Subject: Year Month Date





		f_y	f_u	20%	
ایران	AI	2400	3700	←	عمدتاً برای آرماتور عرضی
آرماتور به لحاظ	AII	3000	4000	16%	
داده های متفاوتی	AIII	4000	5000	12%	← طراحی سازه آرماتورهای طولی یا عرضی

اروپایی	BI	2400	3700	20%	
	BII	3400	4500	16%	
	BIII	4000	5500	12%	

آمریکا Grad 40 $= 40000 \frac{lb}{in^2} = 40$ Kps C250

50 AIII ⊥ AII

60

Φ8 Φ12 Φ16 Φ20 Φ25 Φ28 } رایج ترین آرماتورها

Φ10 Φ14 Φ18 Φ22 Φ25 Φ28 } از این دو گروه در طراحی استفاده می شوند

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject
Year Month Date

انتخاب آرماتور:

۱) آرماتورها در کارگاه با چشم مشخص شود.

۲) " خاموت 12، 10، 8 Φ

۳) " " دال Φ10 Φ12 Φ14

۴) تیر/ستون‌ها شامل بوده Φ 16 20 25 28

۵) حلقه‌ی پنجم: Φ 14 18 22 25 28

روش طراحی:

هدف اصلی در طراحی انتخاب یک مقطع مناسب جهت مقابله با تلاش‌های داخلی وارده است.

" " : طراحی امن. Safe Design

اهداف اصلی در طراحی امن:

۱- ایمنی، مقاومت (Strength) ← تحت بارها خراب نشود:
- شکسته نشود failing
- تسلیم نشود yilding

۲- بهره‌برداری: (در طول عمر) servisabilty

۳- دوام Durability

تخمین بارهای وارده
↓
مقاومت عضو > تلاش‌های داخلی

نسبت بار و مقاومت مصالح عدم اطمینان است.

← در همه‌ی طراحی‌ها یک حاشیه‌ی امنیت ایجاد کنیم. safty factor (SF)

$$SF = \frac{\text{مقاومت موجود}}{\text{بار وارده}} \leq 2.0$$

بر اساس نحوه‌ی اعمال ضریب اطمینان در طراحی روش‌های مختلف طراحی بیان می‌شود.

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Φ → strength Reduction factor

Subject :
Year Month Date :

انواع روشهای طراحی :

① روش طراحی مجاز ASD (Allowable stress Design)

بارهای وارده در حالت سرویس یا بهره برداری (بدون اعمال ضریب) < مقاومت × ضرایب اطمینان (کاهشی)

< ۱.۰

بارهای سرویس < مقاومت S.F

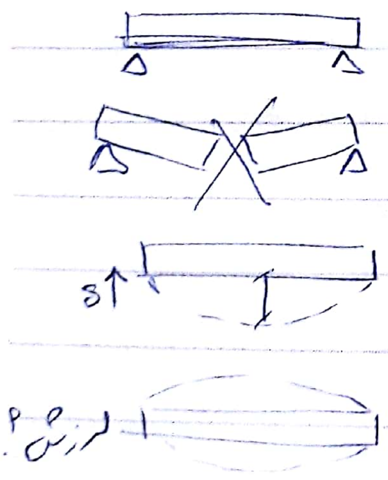
② روش مقاومت نهایی : USD (ultimate ~~state~~ strength Design)

بارهای سرویس × ضرایب افزایشی < مقاومت × ضریب کاهشی

Reduced strength coefficient → φ

γ → load factor

③ روش طراحی حالات حدی : (ultimate state Design)



حالات خرابی:
- حالت خرابی مقاومت
- حالت خرابی بهره برداری

آیین نامه‌ی بتن ایران یا آبا براساس روش حالات حدی عمل می‌نماید بدین ترتیب که در محاسبه‌ی بارهای وارده ضرایبی (γ_f) جهت افزایش آنها اعمال می‌نماید و به آنها ضرایب بار می‌گویند. از طرف دیگر مقاومت مصالح را در ضرایب کاهشی (ϕ_c و ϕ_s) که به آن ضرایب تقلیل مقاومت گفته می‌شود ضرب می‌نماید. لازم به ذکر است در بعضی از موارد علاوه بر ضرایب فوق ضرایب اطمینان جزئی دیگری که به آنها ضرایب جزئی ایمنی اصطلاحاً گفته می‌شود به کار می‌رود.

VAHDAT

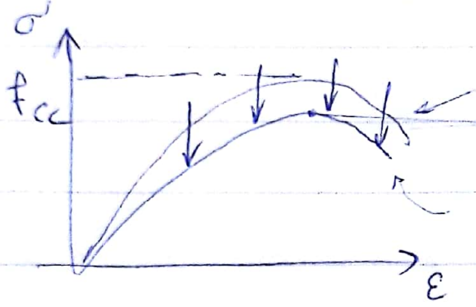
Scanned by CamScanner

Subject :
Year Month Date

ضرایب کاهش مقاومت مصالح:

۱- ضرایب کاهش مقاومت بتن (ϕ):

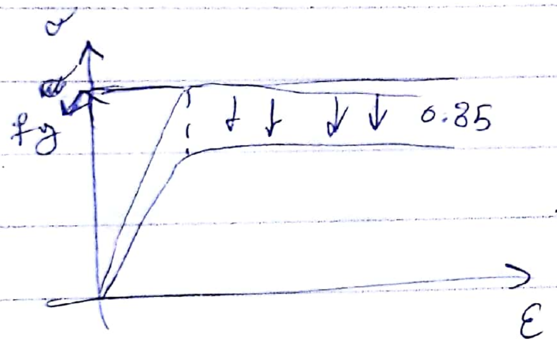
در آیین نامه بتن ایران جهت طراحی اعضا $\phi_c = 0.65$ را در محاسبات اعمال می نمایید در واقع منحنی تنش کرنش طراحی بتن به شرح زیر می باشد.



$$\phi_c f_{cc} = f_{cd}$$

۲- ضریب کاهش مقاومت فولاد:

در آیین نامه ایران $\phi_s = 0.85$ است.

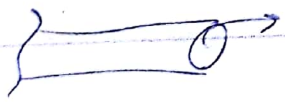


منحنی تنش کرنش ایده آل واقعی فولاد

$$\phi \cdot f_y = 0.85 f_y = f_{yd}$$

$f_{cc} = 250 \ kg/cm^2$ → $f_{cd} = 0.65 * 250 = 162.5$

$f_y = 4000$ " → $f_{yd} = 0.85 \times 4000 = 3400$



$A = 10 cm^2$ $F_y = 2400 \ \frac{kg}{cm^2}$

→ $S_n = F_y * A = 2400 \times 10 = 24000 \ kg$

مقاومت اسمی ← nominal strength

Resistance ← $S_r = \phi_s * F_y * A = 0.85 \times 2400 \times 10 = 20400 \ kg$

$S_n > S_r$

S_n: مقاومت اسمی = مقاومت عضو بدون اعمال ضرایب کاهش.

S_r: مقاومت طراحی: مقاومت عضو با اعمال ضرایب کاهش

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject:
Year: Month: Date:

ϕ بدون $M_n \leq M_r \rightarrow \phi$ با

$V_n \leq V_r$

$P_n \leq P_r$

ضرایب افزایش بار load factor

$0.8 \times [1.25 \times D + 1.5L]$

مرده D
زنده L
باد W
زلزله E
فشار جانبی خاک H
فشار سیال F
T

① $S_u = S_u(1.25D + 1.5L)$ ultimate

② $" = S_u(D + 1.2L + 1.2W)$

③ $" = S_u(D + 1.2L + 1.2 * (0.7E))$

4 $" = S_u(0.85D + 1.2W)$

5 $" = S_u(0.85D + 1.2 * (0.7E))$

6 $" = S_u(1.25D + 1.5L + 1.5W + 1.5H)$

× 7 $" = S_u(" + " + 1.5 \times 0.7E + \ldots)$

× 8 $" = "(" + " + 1.5W + 1.5 \times 0.84F)$

✓ 9 $" = "(0.85D + 1.5H)$

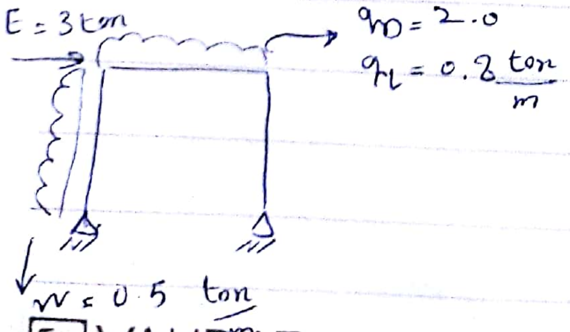
✓ 10 $" = "(1.25D + 1.5T)$

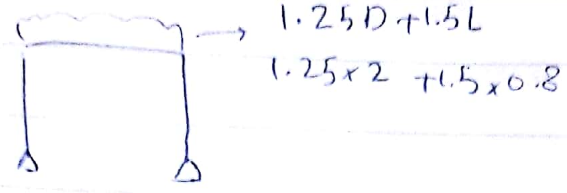
α 11 $" = "(1.25D + 1.2L + T)$ (0.8)

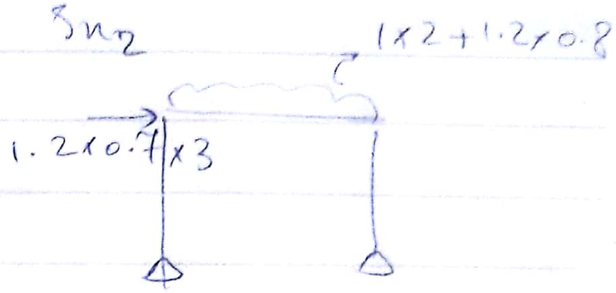
تلاش های داخلی که از ترکیبات بار محاسبه می شود S_u نامیده می شود.

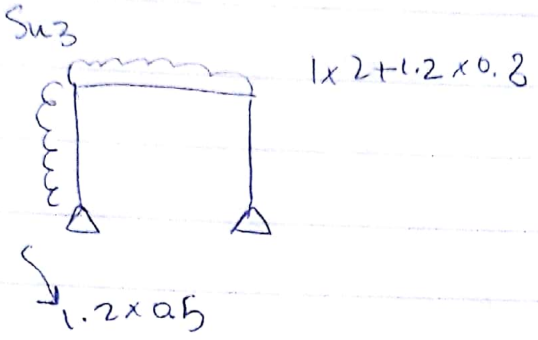
$S_u < S_r$ تلاش داخلی ... مقاومت اسمی عضو

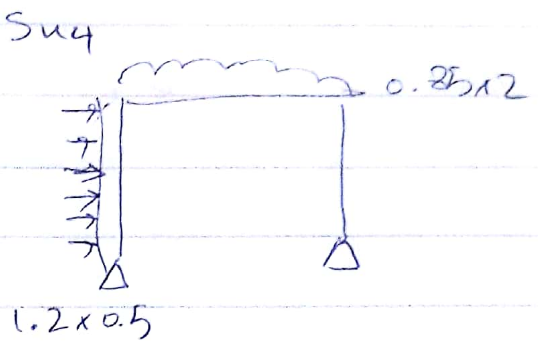
$T_u < T_r$
$R_u < R_r$
$M_u < M_r$
$V_u < V_r$

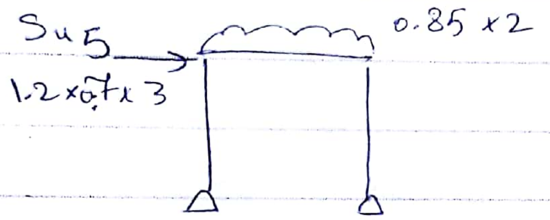


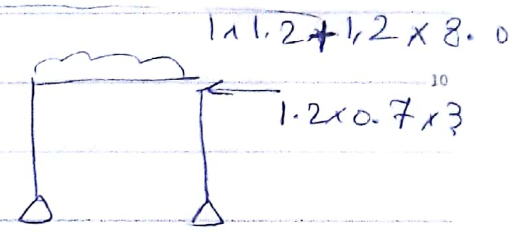








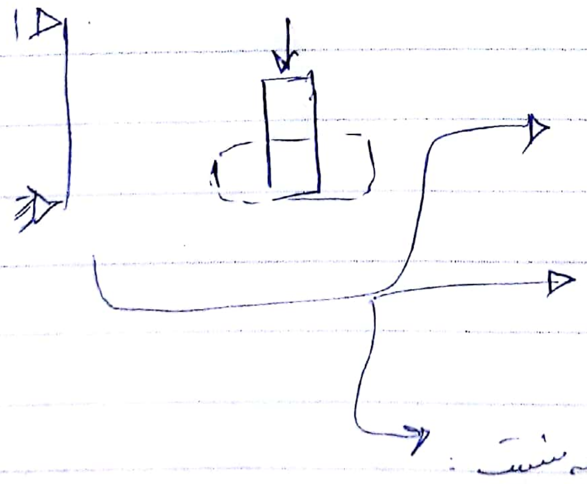




جلسه ی ششم :

طراحی اعضای فشاری Short column Design

اعضای فشاری کوتاه، اعضایی هستند که تنها تحت اثر نیروی فشاری قرار دارند و اثرات کمانش در آنها قابل صرف نظر کردن است.



اثرات عوامل ثانویه :

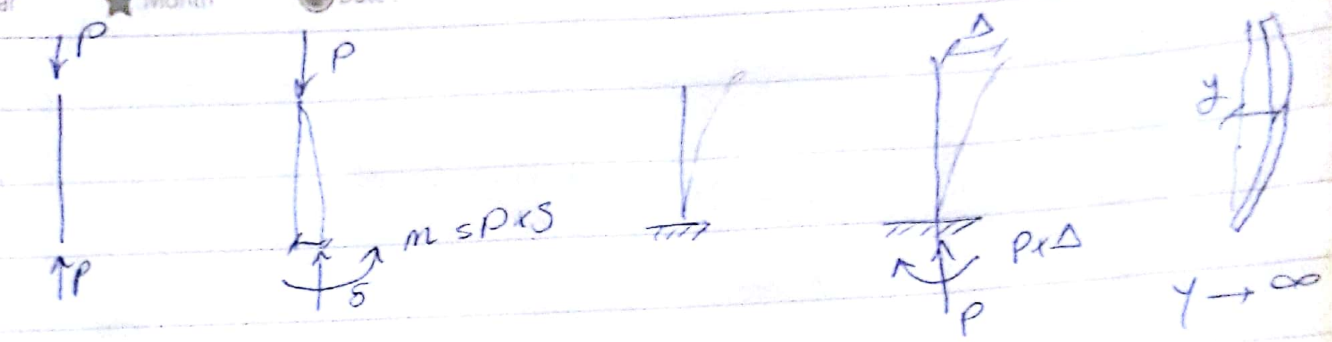
Imperfection

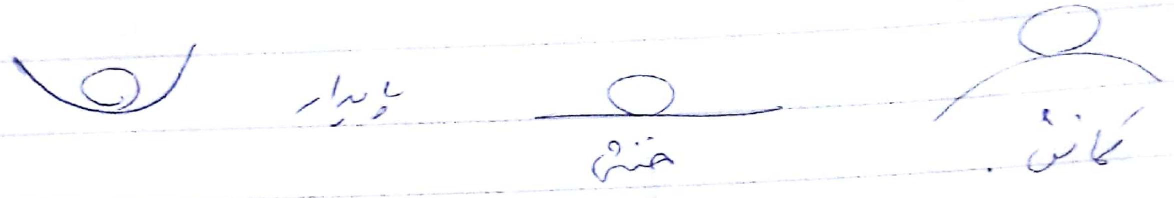
لنگر ثانویه

در تحلیل ارتجاعی درجه اول قابل محاسبه نیست :
مرتبه ی اول

Scanned by CamScanner

$Y = P/P_{cr}$





طراحی ستون‌های کوتاه :

$\frac{KL}{r}$

L ؛ طول عضو

r ؛ شعاع ژیراسیون حول محور کمانش

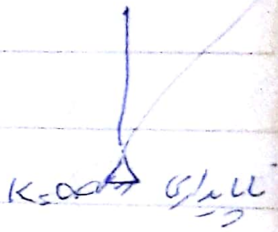
k = ضریب طول موثر کمانش

$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{bh^3/12}{bh}} = \frac{h}{\sqrt{12}}$

$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{b^3h/12}{bh}} = \frac{b}{\sqrt{12}}$

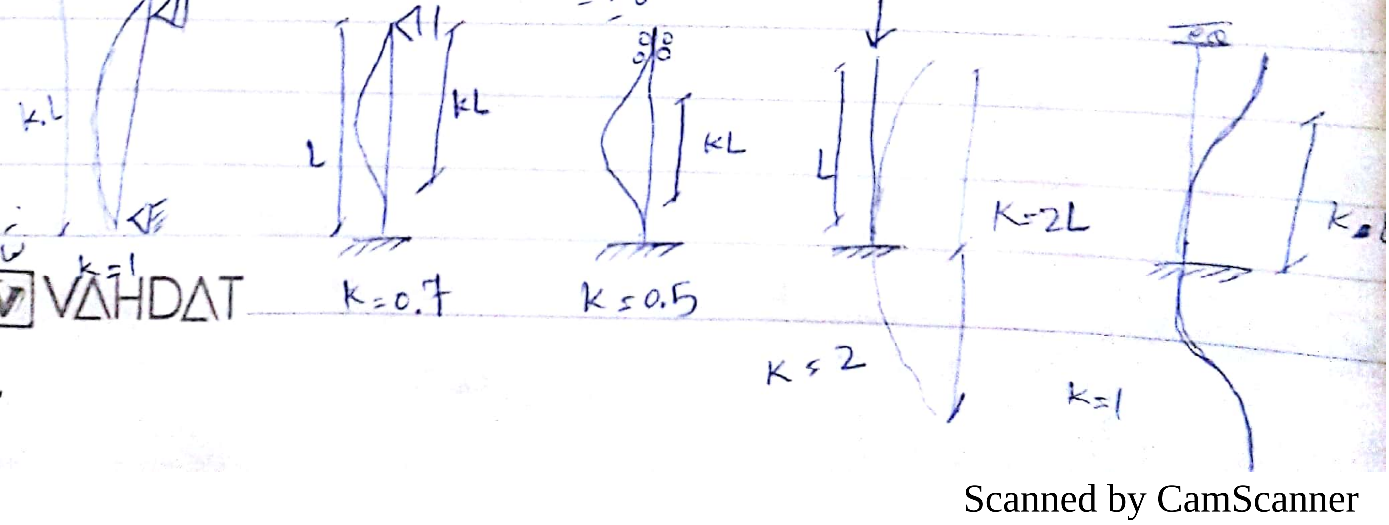
بستگی به شکل کمانش :
- با حرکت جانبی / بدون حرکت جانبی
- شرایط تکیه‌گاهی

$k \geq 1.0$



برای محاسبه‌ی ضریب طول موثر کمانش (k) لازم است در عامل حرکت جانبی یا بدون حرکت جانبی و همچنین شرایط مرزی (تکیه‌گاهی) عضو مشخص گردد . در حالت‌های ساده و ایده‌آل ضریب k به شرح زیر می‌باشد

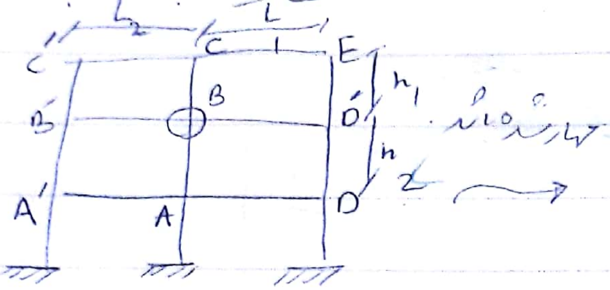
محور بینهایت .

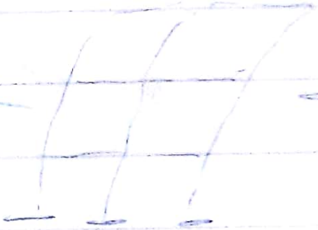


Scanned by CamScanner

Subject
Year Month Date

در ساختمانهای عضو ستون متناسب با نسبت سختی تیر به ستون مقدار K از روی فرمولها یا نمودارهای آیین نامه طراحی به شرح زیر قابل محاسبه است.

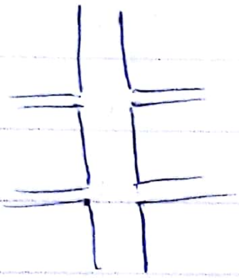


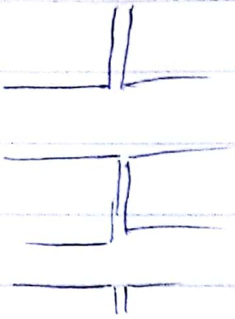


$\frac{I_{BB'}}{L_2}$ | $\frac{I_{BD'}}{L_1}$

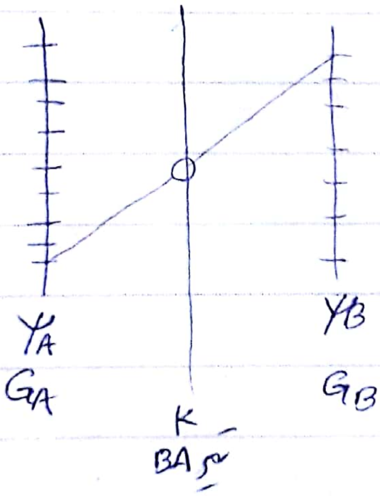
$\frac{I_{BC}}{h_1}$ | $\frac{I_{AB}}{h_2}$

B گره

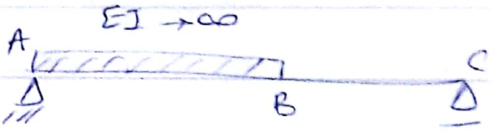




نسبت سختی ستون ها در هر گره = (نسبت سختی ستون ها) / (نسبت سختی تیر ها)



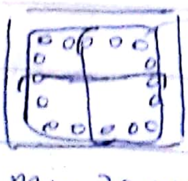
$$\frac{\sum (I/L)_c \text{ ستون}}{\sum (I/L)_b \text{ تیر}}$$



$$G_B = \psi_B = \frac{\frac{I_{AB}}{h_2} + \frac{I_{BC}}{h_1}}{\frac{I_{BB'}}{L_2} + \frac{I_{BD'}}{L_1}}$$

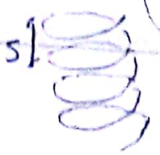
با حرکت جانبی: $\frac{KL}{r} < 22.0$

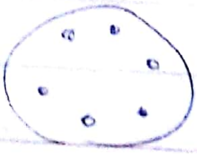
بدون حرکت جانبی: $\frac{KL}{r} < 34 - 12\frac{M_1}{M_2}$



min 30 cm

حداقل مقطع 4 عدد





$6\Phi25$

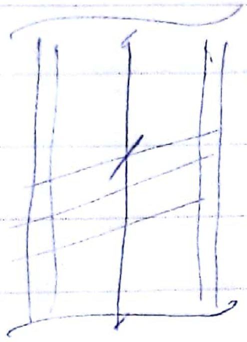
ستون های حلقوی بتنی

min 6 عدد

VAHDAT

Subject :
Year Month Date :

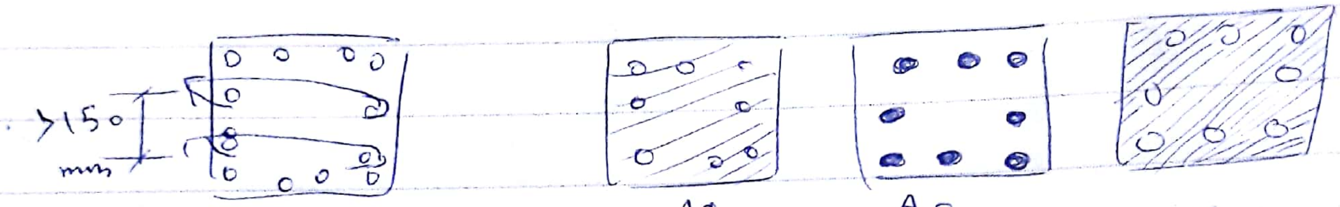
$\phi 10$ @ 100



$\phi 12$ @ 200
+
خاموت یا تنگ
سنجاق

12 $\phi 25$

آرماتور عرضی



Ag
مساحت کل مقطع

As
مساحت آرماتورها

Ac
مساحت بتن

نسبت آرماتور به ستون

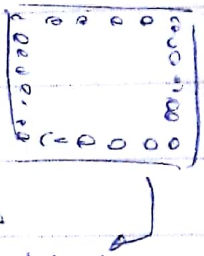
$$\rho = \frac{A_s}{A_g}$$

$A_g = 40 \times 60 = 2400$

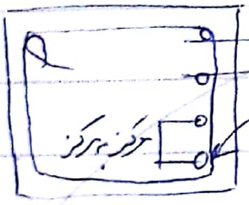
$A_s = 14 \times 6.15 = 86.1$

مساحت یک آرماتور $\phi 28$

$A_c = 2400 - 86.1 = 2314$



14 $\phi 28$



فاصله خالص > 2.5 ، 1.33

پوشش 3.5 to 7.5

4 cm

$1 < \rho < 4\%$ خارج از محل وصله

$1\% < \rho < 3\%$ نواحی لرزه‌ای

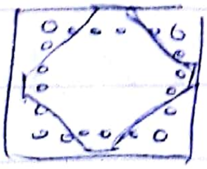
$\phi 10$ یا $\phi 12$

حداکثر آرماتور در بعد ستون = $\frac{\text{بعد ضلع}}{10}$

60×60

حداقل $A_s = 0.01 \times 60 \times 60 = 36 \, cm^2$

تعداد



$A_s = \frac{36}{20} = 1{,}8 \, cm^2$

20 $\phi 16$ → پیشنهاد

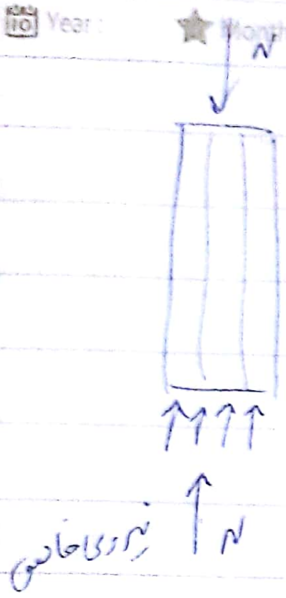
شماره آرماتور	مساحت (cm^2)
ϕ 8	0.5
10	0.785
12	1.13
14	1.53
16	2.0
18	2.54
20	3.14
22	3.8
25	4.9
28	6.15
32	8.0

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject: Year: Month: Date:

تعیین تنش کرنش در ستون کوتاه



$N = N_c + N_s$ نیروی وارده

سهم بتن — سهم آرماتور

$N_c = A_c * \sigma_c$ — $N_s = A_s * f_s$

مساحت بتن — سهم بتن — تنش آرماتور

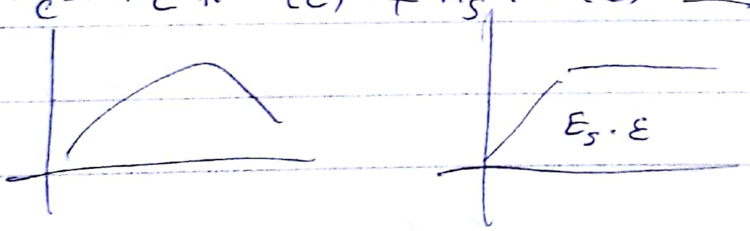
$N = \sigma_c A_c + f_s A_s$

نکته: بتن و فولاد تحت اثر بار کاملاً باهم تغییر شکل می دهند. بتن و فولاد باهم سازگار هستند.

$\varepsilon_c = \varepsilon_s$

$\frac{\Delta_c}{\ell} = \varepsilon_c = \frac{\Delta_s}{\ell} = \varepsilon_s$

$N_c = A_c * \sigma(\varepsilon) + A_s + f(\varepsilon) \longrightarrow \varepsilon \longrightarrow \sigma_\varepsilon,\ f_s$



حالت اول: زمانیکه بتن و فولاد در حوزه خطی هستند.

$f_c < \frac{f'_c}{2}$

$f_s < 0.6 F_y$

بهره برداری.

$N = A_c \sigma_c + A_s f_s \xrightarrow{\text{طبق هوک}} \sigma_c = E_c \varepsilon_c,\quad f_s = E_s \varepsilon_s$

$N = A_c \cdot E_c \varepsilon_c + A_s E_s \varepsilon_c$ ($\varepsilon_c = \varepsilon_s$)

$\frac{E_s}{E_c} = n \longrightarrow N = A_c \sigma_c + A_s \cdot n \cdot E_c \varepsilon \longrightarrow N = \sigma_c (A_c + n A_s)$

$E_c \varepsilon = \sigma_c$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

جلسه ی هفتم :

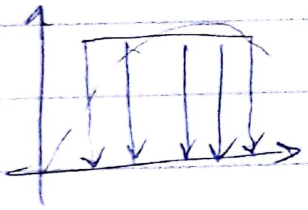
اعضای فشاری : ← اثرات ثانوی ندارند . ← مقاطع تحت بار محوری اند .

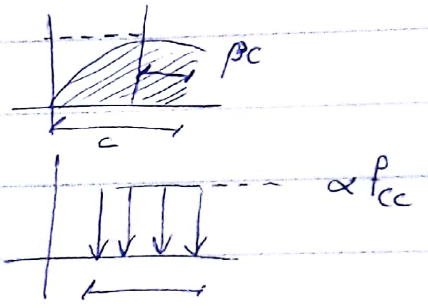
رفتار اعضای فشاری ← بتن در نواحی خطی باشد .

$$\Phi = N_c + N_s = f_c * A_c + f_s \cdot A_s$$

$$f_c = \frac{\Phi}{A_c + nA_s} = \frac{P}{A_g + (n-1)A_s}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \simeq 8 \text{ TO } 10 = \frac{2\times10^6}{15800\sqrt{f_{cc}}} \quad \frac{kg}{cm^3}$$

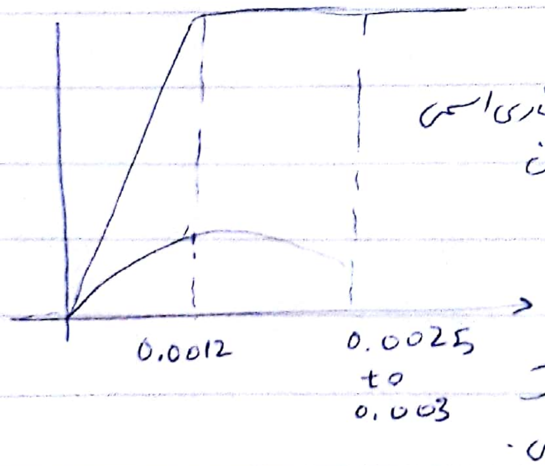




$$2\beta C = \beta_1 C$$

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 f_{cc} \ \frac{kg}{cm^2} = 0.85 - 0.0015 f_{cc} \ (Mpa)$$

$$\beta_1 = 0.97 - 0.00025 f_{cc} \ \frac{kg}{cm} = 0.97 - 0.0025 f_{cc} \ (Mpa)$$



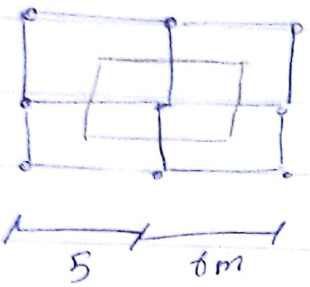
مقاومت فشاری اسمی بتن $N_n = [\alpha_1 f_{cc} * A_c + A_s f_y] * 0.8$ ← مقطع مربعی

$* 0.85$ ← مقطع دایره ای با خاموت مارپیچ .

مقاومت طراحی . $N_r = [\alpha_1 f_{cd} A_c + A_s f_{yd}] * 0.8$

$* 0.85$

مثال :

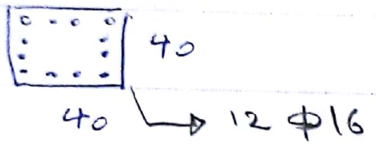


$t = 20\ cm$ دال

$q_{SD} = 800\ \frac{kg}{m^2}$ سرباری

$q_{LL} = 250$ ''

ساختمان دو طبقه ی مسکونی ، مقطع ستون میانی



برای طبقه ی اول مطلوب است :

۱- محاسبه ی ظرفیت بار ستون و کنترل آن با مقدار بار وارده.

۲- '' تنش ها در آرماتور و بتن

$f_{cc} = 250\ \frac{kg}{cm^2}$

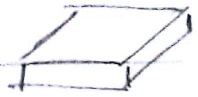
$f_y = 4000\ \frac{kg}{cm^2}$ از نوع A III

الف) محاسبه ی بارهای وارده.

سهم بارگیری ستون $A_{cot} = (2.5+3)(3+3) = 33$

بار مرده $q_D = q_{D\,(دال)} + q_{SD} = 500+800 = 1300\ \frac{kg}{m^2}$

حجم در یک متر مربع × وزن مخصوص $q_{D\,(دال)} = (1\times1\times0.2)*2500 = 500\ \frac{kg}{m^2}$



$q = q_D + q_L = 1300 + 250 = 1550\ \frac{kg}{m^2} = 1.55\ \frac{ton}{m^2}$

بار نهایی $q_u = 1.25 * q_D + 1.5\, q_L = 1.25 \times 1.3 + 1.5 \times 0.25 = 2$

بار ستون میانی نهایی $P_u = \underset{طبقه}{2} * \overset{A_{cot}}{33} * \underset{بار نهایی}{2} = 132\ ton$

'' '' سرویس $P_s = 2 \times 33 \times 1.55 = 102.3\ ton$

Scanned by CamScanner

Subject :

Year : Month : Date :

ب) محاسبه نیروی فشاری طراحی ستون :

$N_r = 0.8[\alpha_1 . f_{cd} A_c + f_{yd} A_s]$

$f_{cd} = 0.65 \times 250 = 162.5 \ \frac{kg}{cm^2}$

$f_{yd} = 0.85 \times 4000 = 3400$ 〃

$A_c = 40 \times 40 - 12 \times 2 = 1576 \ cm^2$

$A_s = 12 \times 2 = 24 \ cm^2$

$\alpha_1 = 0.85 - 0.00015 * 250 = 0.8125$

تبدیل kg به ton ↑

$N_r = 0.8 [0.8125 * 162.5 * 1576 + 3400 \times 24] \times 10^{-3} = 231.75 \ ton$

$N_n = 0.8 [0.8125 * 250 * 1576 + 4000 \times 24] = 332.9$

ج) محاسبه ی تنش به گرش در فولاد و بتن

$A_{eq} = A_g + (n-1) A_s = 40 \times 40 + (8-1) 24 = 1768$

$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^6}{249820} = 8$

$E_c = 15800\sqrt{250} = 249820 \ \frac{kg}{m^2}$

$f_c = \frac{P_s}{A_{eq}} = \frac{102.3 \times 10^3}{1768} = 57.86 \ \frac{kg}{m} < 0.5 \ f_{cc}$

$f_s = n f_c = 8 \times 57.86 = 462.9 \ \frac{kg}{m^2} < f_y$

← فرض خطی بودن بتن درست می‌باشد.

د) ضریب اطمینان :

$S.F = \frac{N_r}{P_s} = \frac{332.9}{102.3} = 3.25$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

طراحی عضو فشاری:

P_u ⟶ طراحی ⟶ { ابعاد مقطع + آرماتور }

نیروی محوری ↓ از تحلیل

$$P_u < 0.8\left[\alpha_1 f_{cd} A_c + A_s f_{yd}\right]$$

فرض ⟵ f_y , f_{cc}

طراحی یک فرآیند سعی و خطا

طراحی بهینه ⟶ $P_u = N_r$

⟶ $1\% < \rho = \frac{A_s}{A_g} < \%3$ $\xrightarrow{\text{فرض}}$ $\rho = 0.02$

$A_s = 0.02 A_g$

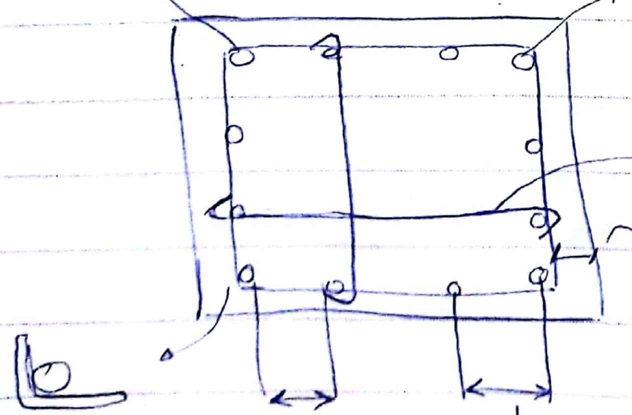
فرض $A_c = A_g$

$$P_u < 0.8\left[\alpha_1 f_{cd} A_c + 0.02 A_g \times f_{yd}\right] \longrightarrow$$ تقریبی A_g

- انتخاب بعد عدد گرد شده باشد. min 30cm , 35 , 40 , 45 , ...
- $0.01 < \rho < 0.03$
- چیدمان آرماتور

⑤ حداقل ۴ آرماتور در یک بعد

$\Phi 10$



② یکی در میان آرماتور طولی مهار شده باشد

① ⟶ مقدار پوشش بتن ⟶ براساس شرایط آب و هوایی

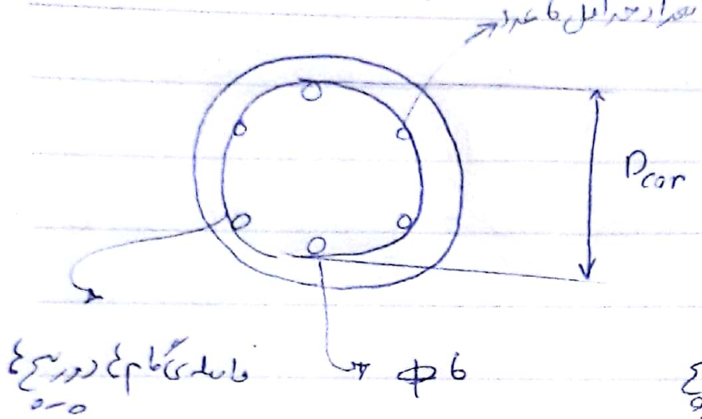
③ اگر $S > 150$ mm (فاصله‌ی مرکز تا مرکز) ⟶ تمام آرماتور طولی باید به وسیله‌ی تنگ گرفته شود.

④ فاصله‌ی خالص $> 2.5\,cm - 1.33\, d_b$ (قطر آرماتور)

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

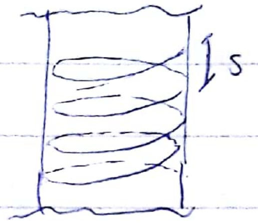


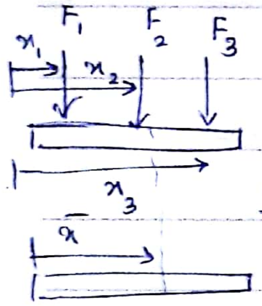
$$f_s = 0.6\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

نسبت حجم آرماتور دورپیچ به هسته.

$$S < \frac{1}{6} D_{cor}$$

$$\text{حجم دورپیچ} = \frac{\pi * D_{cor} * A_s}{\frac{\pi * D_{cor}^2}{4} * S} = \frac{4 A_s}{D_{cor}}$$



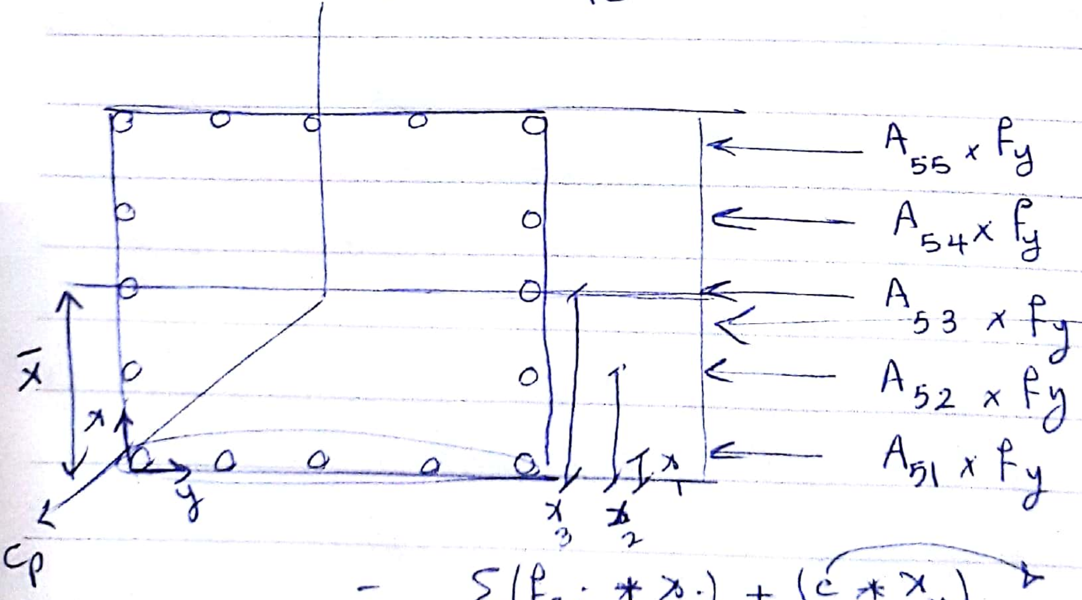


■ مرکز پلاستیک ستون:

که

ستون در حالت حدی، مرکزی است که محل برآیند کلیه ی نیروهای داخلی است.

$$\begin{cases} R = \sum_{i=1}^{n} F_i \\ \bar{x} = \dfrac{\sum F_i * x_i}{R} \end{cases}$$



بتن

$$C = A_c \alpha_1 f_{cc} \quad (A_g)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum (f_{si} * x_i) + (C * x_n)}{\sum (f_{si} + C)}$$

$C \rightarrow A_g \alpha_1 f_{cc}$

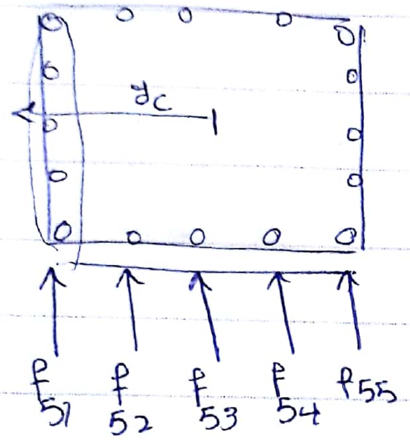
$f_{si} \rightarrow A_{si}(f_{si} - \alpha_1 f_{cc})$

VAHDAT

Subject:
Year: Month: Date:

اگر در مقاومت ۱/۸۲ از $\left\{ \begin{matrix} \alpha_1 f_{cd} \\ f_{yd} \end{matrix} \right.$ استفاده شود ← مرکز پلاستیک طراحی.

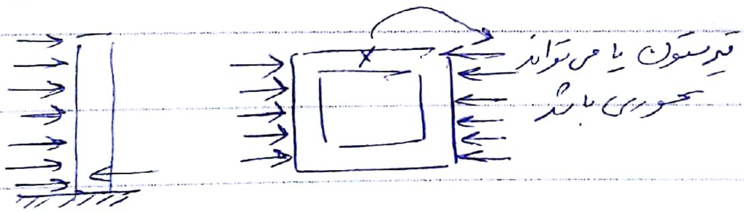
* محل تقاطع x_c و y_c مرکز پلاستیک اسمی است.



جلسه‌ی هشتم:

☑ طراحی اعضای خمشی: (Flexural member)

تعریف: اعضایی هستند که تحت اثر خمش قرار دارند و اثرات نیروی محوری ندارند (اثرات ناچیز دارند).



$N_u < 0.15 f_{cd} \cdot A_g$

تلاش محوری

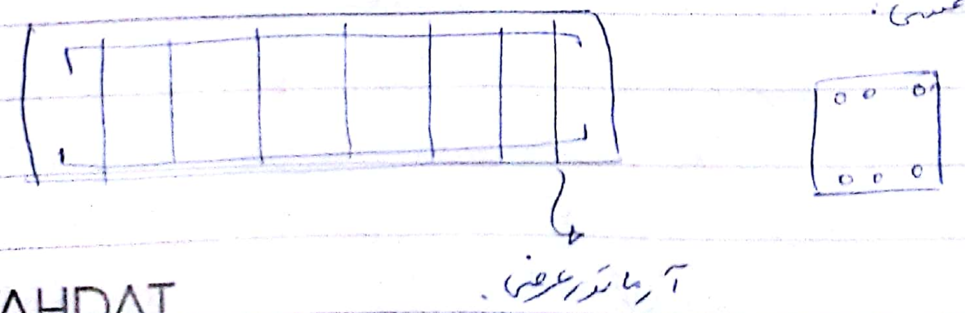
☑ مباحث این بخش:

۱- رفتار عمومی اعضای خمشی

۲- مقاومت عضو خمشی (در صورت مشخص بودن هندسه، آرماتور، ...)

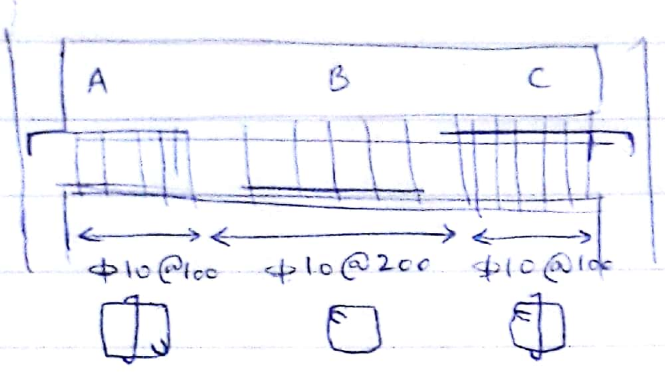
۳- طراحی اعضای خمشی.

☑ رفتار عمومی اعضای خمشی.



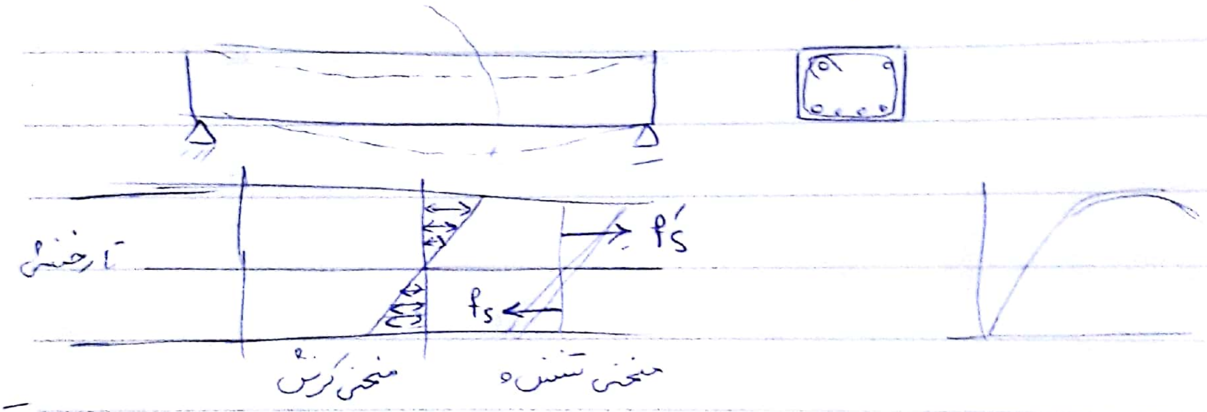
VAHDAT

Scanned by CamScanner

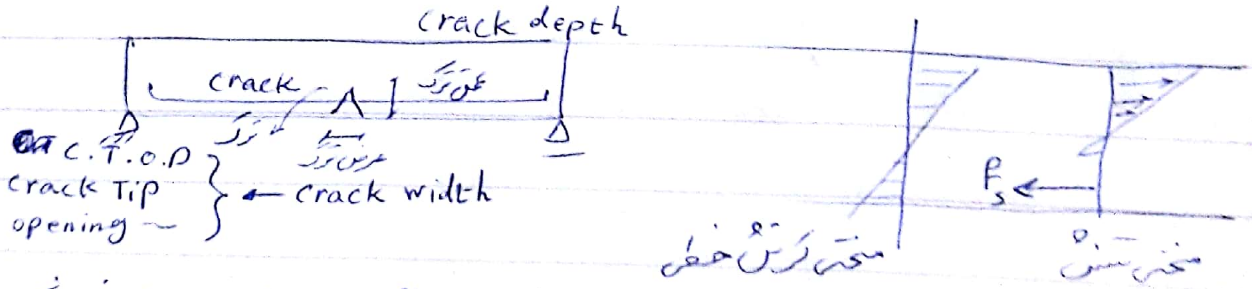


در تکیه‌گاه‌ها کدام A یا C ترک عرضی بیشتر است.

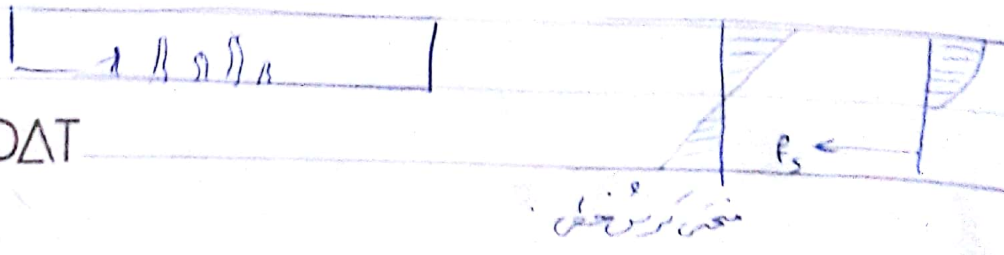
۱_ مرحله اول: بتن و فولاد خطی، بتن ترک نخورده.



۲_ مرحله‌ی دوم: بتن و فولاد خطی / بتن در ناحیه کششی ترک خورده / بتن در ناحیه‌ی فشاری خطی است. اولین ترک ایجاد شده است. تنش در ناحیه‌ی آرماتور به صورت ناگهانی افزایش می‌یابد.



۳_ مرحله‌ی سوم: ترک‌های جدید دیگری اضافه می‌شود / بتن در فشار وارد ناحیه‌ی غیرخطی شده است.
تنش در فولاد در حد خطی یا از حد تسلیم فراتر رفته است.



Scanned by CamScanner

با افزایش بار ← ترک‌های موجود عمیق‌تر (با عرض بیشتر) / تنش فشاری در بتن در محدوده‌ی غیرخطی بیشتری وارد می‌شود. آرماتورها تحت اثر تنش و کرنش بیشتر واقع می‌شوند.

---

۴) مخاطرات انهدام

۱) کرنش فشاری در بتن به حد نهایی می‌رسد، فولادها هنوز به حد تسلیم نرسیده‌اند.

← بتن در ناحیه‌ی فشاری منهدم می‌شود ← عضو فرو می‌ریزد.

← شکست ترد ← به صورت سریع اتفاق می‌افتد ← شکست فشاری

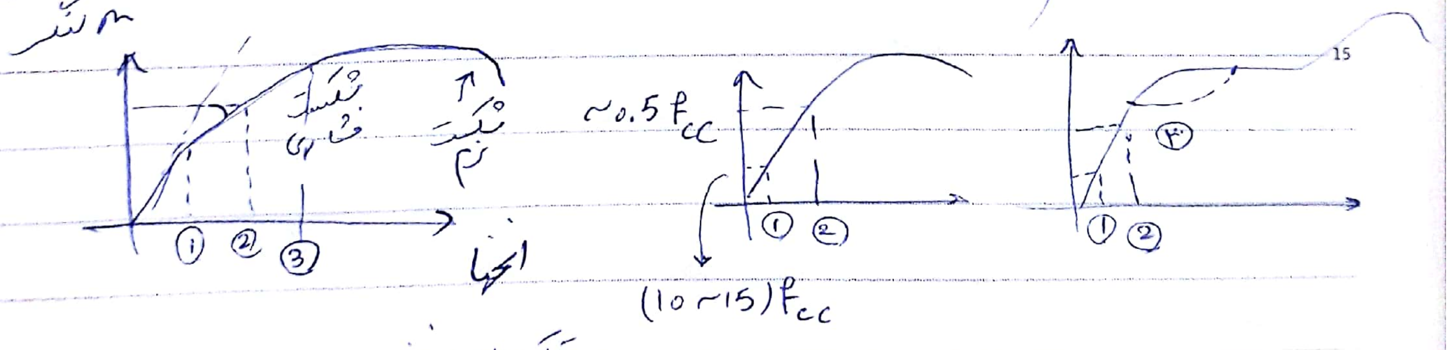
۲) میلگردهای کششی زودتر از اینکه بتن به کرنش نهایی خود برسد تسلیم شده‌اند. ← در طراحی.

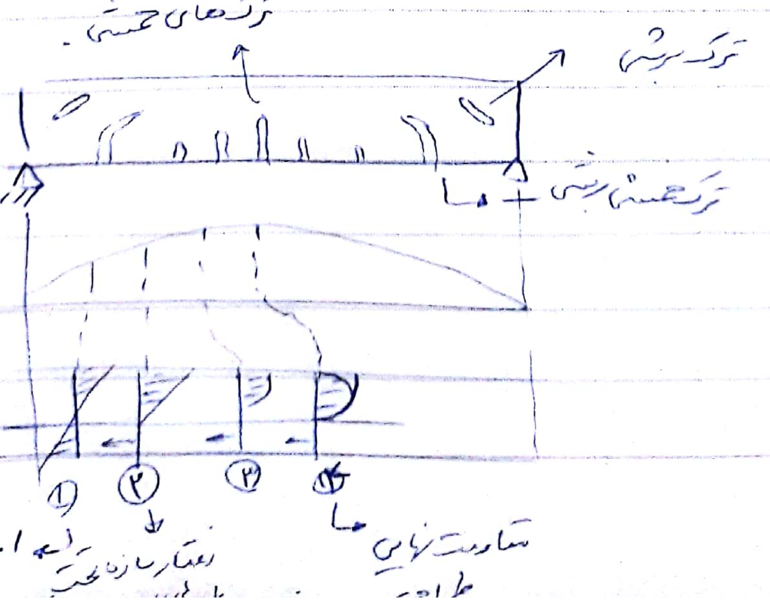
← بتن بعد از اعمال تغییر شکل‌ها به حد نهایی خود می‌رسد.

← بتن در فشار منهدم می‌شود، به تبع آن مقطع منهدم می‌شود ← شکست کششی یا شکست نرم.

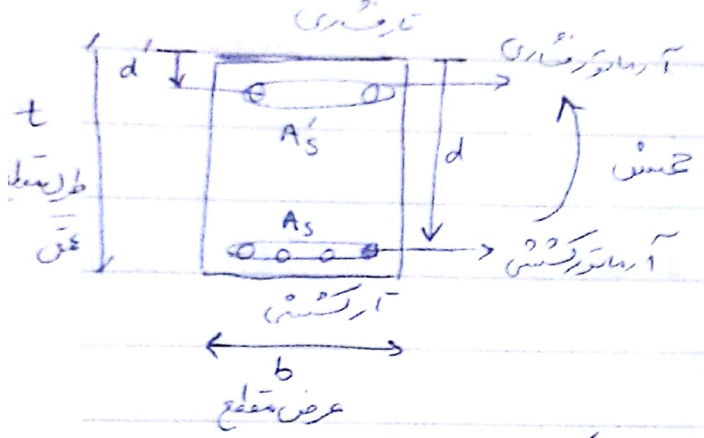
۳) همزمان بتن به کرنش نهایی و فولاد به تسلیم برسند.

۴) عضو قبل از رسیدن به مقاومت نهایی





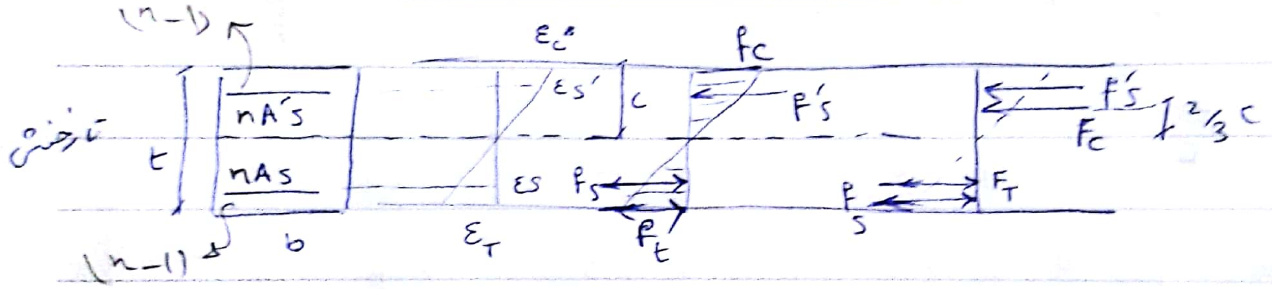
تحلیل تیر در مرحله‌ی اول :



فرضیات :

- مقاطع تخت قبل و بعد از خمش مستوی‌اند.
- بتن کشش و فشار را تحمل می‌نماید.
- " بصورت خطی رفتار می‌کند.
- فولاد در کشش و فشار خطی است.
- مدول الاستیسیته بتن در فشار و کشش یکسان است.

d: عمق موثر



① $\Sigma F = 0 \longrightarrow F_c + F'_s - F_T - F_s = 0$

② $\Sigma M = M_e \longrightarrow F_c * \frac{2}{3}c + F'_s(c-d') + F_T * \frac{2}{3}(t-c) + F_s(d-c) = M_e$

گشتاور خارجی

$$\begin{cases} \frac{1}{2} f_c \cdot b \cdot c + f'_s A'_s - \frac{1}{2} f_t b(t-c) - f_s A_s = 0 \\ \frac{1}{2} f_c b \cdot c * \frac{2}{3}c + f'_s (c-d') A'_s + \frac{1}{2} f_t b(t-c) * \frac{2}{3}(t-c) + f_s A_s (d-c) = M_e \end{cases}$$

- ۵ مجهول
- ۲ معادله

$\frac{1}{3} b(t-c)^2$

③
$$\begin{cases} \varepsilon'_s = \frac{c-d'}{c} \varepsilon_c \\ \varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \varepsilon_c \\ \varepsilon_T = \frac{t-c}{c} \varepsilon_c \end{cases}$$

④
$$\begin{cases} f_c = E_c \varepsilon_c \\ f_t = E_c \varepsilon_t \\ f_s = E_s \varepsilon_s \\ f'_s = E_s \varepsilon'_s \end{cases}$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject:
Year: Month Date

$$\begin{cases} ① \ \frac{1}{2} E_c \varepsilon_c b.c + E_s \left(\frac{c-d'}{c}\right) \varepsilon_c A'_s - \frac{1}{2} E_c \left(\frac{t-c}{c}\right) \varepsilon_c b(t-c) - E_s \left(\frac{d-c}{c}\right) \varepsilon_c A_s = 0 \\ ② \ \frac{1}{3} E_c \varepsilon_c bc^2 + E_s \left(\frac{c-d'}{c}\right) \varepsilon_c A'_s (c-d') + \frac{1}{3} b(t-c)^2 E_c \left(\frac{t-c}{c}\right) \varepsilon_c + (c-d) A_s E_s \left(\frac{d-c}{c}\right) \varepsilon_c = M_e \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{E_c \varepsilon_c}{c} \left[\frac{1}{2} bc^2 + n(c-d')A'_s - \frac{1}{2} b(t-c)^2 - n(d-c)A_s \right] = 0 \\ n = \frac{E_s}{E_c} \\ \frac{E_c \varepsilon_c}{c} \left[\frac{1}{3} bc^3 + n(c-d')^2 A'_s + \frac{1}{3} b(t-c)^3 + n A_s (d-c)^2 \right] = M_e \end{cases}$$

$b(t-c) \times \frac{1}{2}(t-c)$

$(\frac{1}{2} c) bc$

$$\frac{1}{2} bc^2 + \underbrace{n}_{n-1}(c-d') A'_s - \frac{1}{2} b(t-c)^2 - \underbrace{n}_{n-1} A_s (d-c) = 0 \longrightarrow c = \ldots$$

محور خنثی

$$f_c = \frac{M_e}{\frac{1}{3} bc^3 + \underbrace{n}_{n-1}(c-d')^2 A'_s + \frac{1}{3} b(t-c)^3 + \underbrace{n}_{n-1} A_s (d-c)^2} * c$$

$$= \frac{M_e Y}{I_g}$$

در حالت اول: ① مقطع بتن به سطح همگن تبدیل می‌کنیم.

② با نوشتن معادله‌ی لنگر اول سطح ــــ را محاسبه می‌کنیم.

③ مقدار I_g (ممان اینرسی مقطع ترک نخورده) محاسبه می‌شود.

④ $f_c = \frac{M_e c}{I_g}$

⑤ f'_s , f_s ,

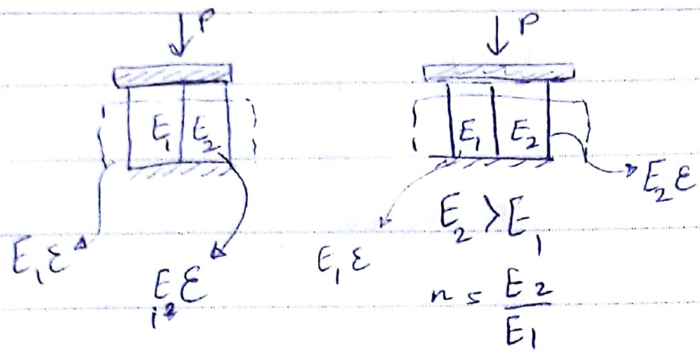
VAHDAT

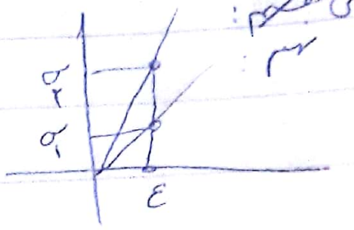
Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

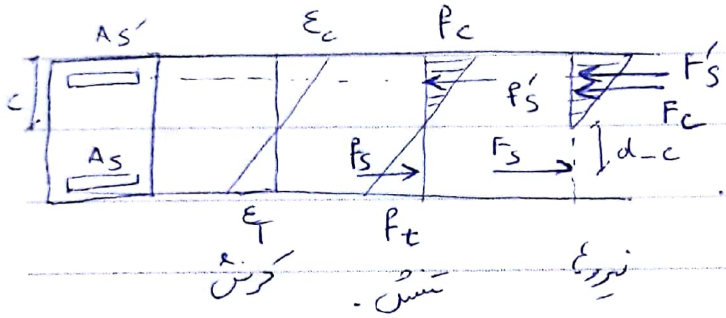
$A_e = (A_c + (n-1)A_s)$
بتن

جلسه‌ی هفتم : ۳۳





تحلیل بتن در مرحله‌ی دوم :
- بتن و فولاد خطی
- بتن در کشش ترک خورده
- صفحات بعد از خمش مستوی باقی می‌ماند.



$$\Sigma F = 0 \longrightarrow F_c + F_s' - F_s = 0$$

$$\Sigma M = M_e \longrightarrow F_c * \frac{2}{3}c + F_s'(c-d') + F_s * (d-c) = M_e$$

$$\begin{cases} \frac{1}{2} f_c bc + f_s' A_s' - f_s A_s = 0 & (1) \\ \frac{1}{2} f_c bc^2 \frac{2}{3} + f_s'(c-d')A_s' + f_s A_s (d-c) = M_e & (2) \end{cases}$$

$$(3)\begin{cases} \varepsilon_s' = \left(\frac{c-d'}{c}\right)\varepsilon_c \\ \varepsilon_s = \left(\frac{d-c}{c}\right) * \varepsilon_c \end{cases} \qquad (4)\begin{cases} f_s = E_s \varepsilon_s \\ f_s' = E_s \varepsilon_s' \end{cases}$$

(3,4) ← جایگذاری در (1,2)

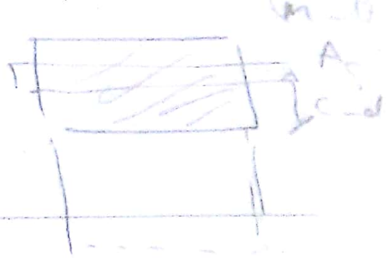
$$\begin{cases} -E_s\left(\frac{d-c}{c}\right) * \varepsilon_c A_s + E_s\left(\frac{c-d'}{c}\right)\varepsilon_c A_s' + \frac{1}{2} E_c \varepsilon_c bc = 0 \\ \frac{1}{2} E_c \varepsilon_c bc^2 * \frac{2}{3} + E_s \frac{(c-d')^2}{c}\varepsilon_c A_s' + E_s\left(\frac{d-c}{c}\right)\varepsilon_c A_s (d-c) = M_e \end{cases}$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :

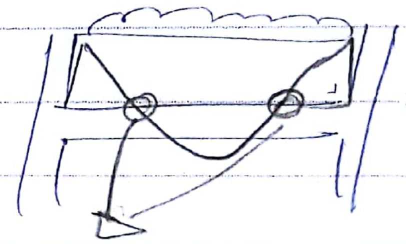
Year : Month : Date :



$$\begin{cases} \frac{f_c}{c}\left[\frac{1}{2}bc^2 + n(c-d')A'_s - n(d-c)A_s\right] = 0 \quad (n \to (n-1)) \\ \frac{f_c}{c}\left[\frac{1}{3}bc^3 + nA'_s(c-d')^2 + nA_s(d-c)^2\right] = M_e \end{cases}$$

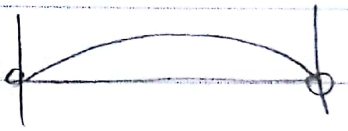
$$\frac{1}{2}bc^2 + n(c-d')A'_s - n(d-c)A_s = 0 \quad (n \to (n-1))$$

$$f_c = \frac{M_e}{\frac{1}{3}bc^3 + nA'_s(c-d')^2 + nA_s(d-c)^2} * c = \frac{M_e}{I_{cr}} * c \quad (n \to (n-1))$$



$I_g \to$ (ممان اینرسی کل / مقطع ترک نخورده)

$I_{cr} \to$ مقطع ترک خورده ״ ״



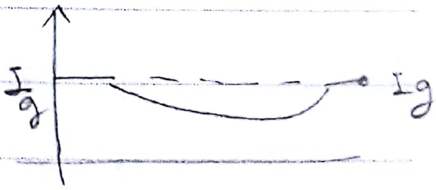
۱- تبدیل مقطع به مقطع معادل.

۲- محاسبه‌ی c با استفاده از رابطه‌ی لنگر اول سطح

۳- محاسبه‌ی I_{cr}

۴- محاسبه‌ی $f_c = \frac{M_e c}{I_{cr}}$

۵- کنترل فرضیات.



$$\begin{cases} f_c < \frac{f_{cc}}{2} \\ f_s < f_y \end{cases} \qquad \begin{cases} f_c < \frac{f_{cc}}{2} \\ f_s < 0.6 f_y \end{cases}$$ طراحی تنش مجاز

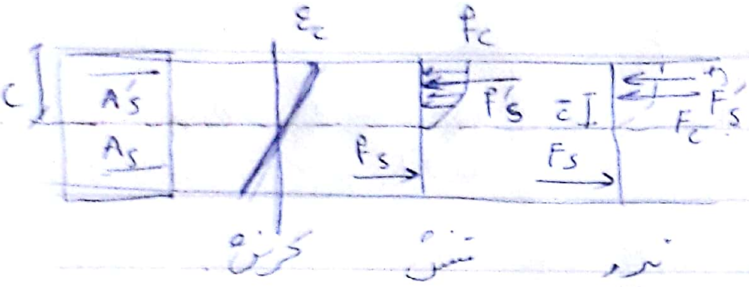
$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{c} = \frac{f_r \left(\frac{bt^3}{12}\right)}{t/2}$$ مرحله‌ی اول

VAHDAT

لنگر لحظه‌ی ترک خوردگی.

Scanned by CamScanner

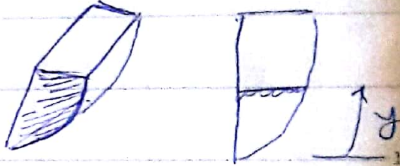
تحلیل تیر در مرحله‌ی سوم:
- تیر ترک خورده
- در ناحیه‌ی فشاری غیرخطی
- فولاد در حد تسلیم شده.



① $\sum F = 0 \longrightarrow F_c + F'_s - F_s = 0$

② $\sum M = M_e \longrightarrow F_c * \bar{c} + F'_s(c-d') + F_s(d-c) = 0$

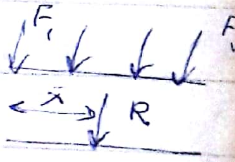
$$F_c = \int_0^c f_c \, b \, dy$$



$$f_c = f_{cc}[2x - x^2] = f_{cc}\left[2\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right) - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^2\right] \qquad \frac{\varepsilon}{y} = \frac{\varepsilon_c}{c}$$

$$F_c = \int_0^c b f_{cc}\left[2\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right) - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^2\right] dy \qquad \varepsilon_{c_0} = \frac{2 f_{cc}}{E_c}$$

③ $$F_c = \int_0^c b f_{cc}\left[2\left(\frac{\frac{y}{c}\varepsilon_c}{\varepsilon_{c_0}}\right) - \left(\frac{y/c \, \varepsilon_c}{\varepsilon_{c_0}}\right)^2\right] dy$$

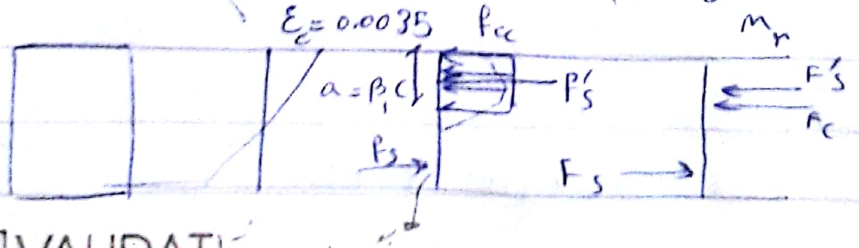


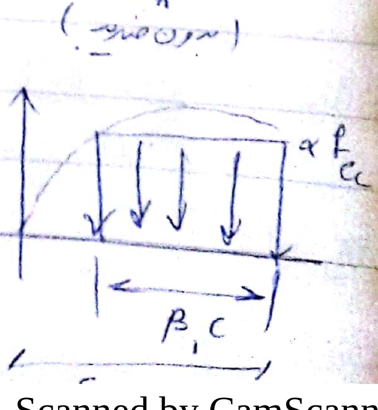
④ $$\bar{c} = \frac{\int_0^c b \cdot y \cdot f_{cc}\left[2\left(\frac{y}{c}\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c_0}}\right) - \left(\frac{y}{c}\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c_0}}\right)^2\right] dy}{F_c} \qquad \bar{x} = \frac{\sum F_i d_i}{\sum F_i}$$

⑤ $f_s = E_s\left(\frac{d-c}{c}\right)\varepsilon_c$ ⑥ $f'_s = E_s\left(\frac{c-d'}{c}\right)\varepsilon_c$

فرض رخدادی $0.002 \sim 0.003$
$0.003 \sim 0.004$

(مقاومت اسمی خمشی) و (مقاومت طراحی خمشی).





Scanned by CamScanner

Subject
Year Month Date

$$\begin{cases} \Sigma F = 0 \longrightarrow \alpha_1 f_{cc} * \overbrace{\beta_1 c}^{a} + f'_s - f_s = 0 \\ \Sigma M = M_n \longrightarrow \alpha_1 f_{cc} * a * (d - \frac{a}{2}) + f'_s \, \sout{A'_s - f_s A_s} \, (d-d') = M_n \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha_1 f_{cc} * b * \overbrace{\beta_1 c}^{a} + f'_s A'_s - f_s A_s = 0 & (1) \\ \alpha_1 f_{cc} * b * a * (d - \frac{a}{2}) + f'_s * A'_s * (d - d') = M_n & (2) \end{cases}$$

Check

$$(3)\begin{cases} f'_s = E_s \underbrace{\frac{(c-d')}{c} * 0.0035}_{\varepsilon'_s} \\ f_s = E_s \underbrace{(\frac{d-c}{c}) * 0.0035}_{\varepsilon_s} \end{cases}$$

$$\underbrace{\begin{matrix} f'_s \\ f_s \end{matrix} < f_y \qquad \begin{matrix} \varepsilon_s \\ \varepsilon'_s \end{matrix} < \varepsilon_y}$$

$a = ? \longrightarrow \varepsilon_c \longrightarrow M_n$

اگر شرط برقرار نشود یعنی f_s یا f'_s جاری شده است یعنی معادلات مجدداً با جایگذاری f_s یا f'_s با f_y مجدد نوشته شود.

$$\begin{cases} \alpha f_{cd} ba + \phi_s f'_s A'_s - \phi_s f_s A_s = 0 \quad (f_{cd} \leftarrow \phi_c f_{cc}) \\ M_n = \alpha_1 f_{cd} ba (d - \frac{a}{2}) + \phi_s f'_s (d - d') A'_s \end{cases}$$

محاسبه‌ی لنگر اسمی در حالت خاص ①:

" " طراحی "

فرض کنیم فولاد کششی و فولاد فشاری جاری شود.

$$\begin{cases} \alpha_1 f_{cc} ba + f_y A'_s - f_y A_s = 0 \\ M_n = \alpha f_{cc} ba (d - \frac{a}{2}) + f_y A'_s (d - d') \end{cases} \qquad a = \frac{(A_s - A'_s) f_y}{\alpha_1 f_{cc} b}$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :

Year . Month : Date :

check

$$\begin{cases} a = \dfrac{(A'_s - A_s) f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b} \\ M_r = \alpha_1 f_{cd} ba (d - \frac{a}{2}) + A'_s f_{yd} (d - d') \end{cases}$$

$a \rightarrow c = \dfrac{a}{\beta_1}$

$\varepsilon_s = \dfrac{d-c}{c} * 0.0035$

$\varepsilon'_s = \dfrac{c-d'}{c} * 0.0035$ $\quad > \varepsilon_y$

حالت خاص ② : فولاد جاری شده ← از اثر فولاد فشاری صرف نظر می‌کنیم.

$$\alpha_1 f_{cd} ba - f_{yd} A_s = 0 \longrightarrow a = \frac{A_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b}$$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd} ba (d - \frac{a}{2}) = A_s f_{yd} (d - \frac{a}{2})$$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd} b \frac{A_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b} (d - \frac{A_s f_{yd}}{2 \alpha_1 f_{cd} b})$$

$$= \alpha_1 f_{cd} \frac{A_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}} \times d (1 - \frac{A_s}{2 db} \cdot \frac{f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}})$$

$\rho = \dfrac{A_s}{bd}$, $\quad q = \rho \dfrac{f_{yd}}{f_{cd}}$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd} A_s \frac{f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}} \times d \times \frac{bd}{bd} (1 - \frac{\rho}{2} \frac{f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}})$$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd} \cdot \frac{bd^2}{\alpha_1} \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}} (1 - \frac{1}{2\alpha_1} \rho \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}})$$

$$\frac{M_r}{f_{cd} bd^2} = q (1 - \frac{0.5}{\alpha_1} q) \longrightarrow \frac{M_r}{f_{cd} bd^2} = R \longrightarrow R = q (1 - \frac{0.5}{\alpha_1} q)$$

$$A_s, b, d \checkmark \longrightarrow \rho = \frac{A_s}{bd} \rightarrow q = ? \rightarrow R = ? \rightarrow M_r = R * f_{cd} * bd^2$$

q	0.00	0.001	...	(0.004)	...	0.009
0.00						
⋮						
(0.23)				(R)		

R →, R ↓, R ↘

$q = 0.234$

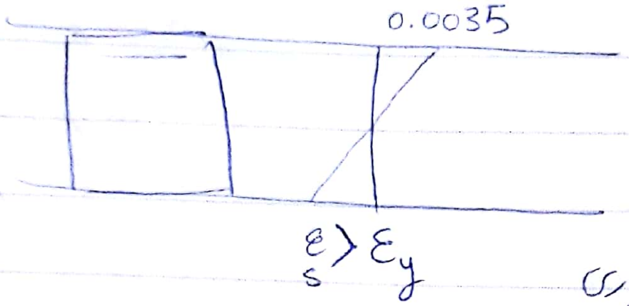
ubject :
Year : Month : Date :

(حالت سوم)

جلسه ی دهم :

← درک جاری شدن فولاد کششی :

حالت تعادل / بالانس



که اگر همزمان کرنش در بتن فشاری به حداکثر برسد و فولاد کششی هم به جاری شدن (ε_y) برسد این حالت بالانس یا تعادل می‌گوییم.

① $\alpha_1 f_{cd}\, b a_b + A'_s f_{yd} \mp A_s f_{yd} = 0$

$\frac{0.0035}{c_b} = \frac{0.0035+\varepsilon_y}{d} \longrightarrow c_b = \frac{0.0035}{0.0035+\varepsilon_y} * d \xrightarrow[\times E_s]{\times E_s = 2\times10^5}$

$c_b = \frac{7000}{7000+f_y} d \longrightarrow \alpha_1 f_{cd} \cdot b(\beta_1 c) + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd} = 0$ (a_b)

$\xrightarrow{\div bd} \frac{(A_s - A'_s)}{b \cdot d} f_{yd} = \alpha_1 f_{cd}\, b \beta_1 \frac{7000\, d}{7000+f_y} \frac{1}{bd}$

$\rho_{bd} = \rho - \rho' = \alpha_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \beta_1 \frac{7000}{7000+f_y} \qquad \rho' = \frac{A'_s}{bd}$

درصد آرماتور متعادل

if $\rho - \rho' < \rho_{bd} = \alpha_1 \beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{7000}{7000+f_y}$ فولاد کششی جاری شده است ↓ شکست نرم

$\rho - \rho' > \rho_{bd} \longrightarrow$ فولاد کششی جاری نشده است ↓ شکست ترد.

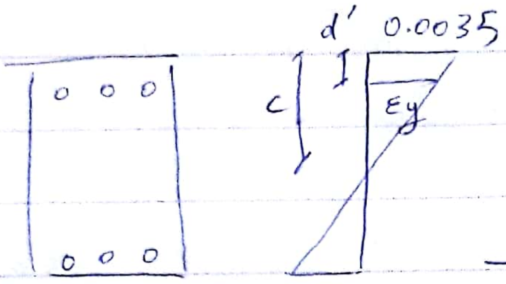
$\rho - \rho' = \alpha_1 \beta_1 \frac{f_{cc}}{f_y} \frac{7000}{7000+f_y}$

اگر روابط قبل بر اساس f_{cc} و f_y نوشته شود

VAHDAT

Scanned by CamScanner

شرط جاری شدن فولاد فشاری :



$$\alpha_1 f_{cd} \cdot ba + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd} = 0$$

$$\frac{c}{0.0035} = \frac{c-d'}{\varepsilon_y} \longrightarrow$$

$$c = \frac{0.0035}{0.0035-\varepsilon_y} d' \xrightarrow{a=\beta_1 c} c = \frac{7000}{7000-f_y} d'$$

$$\longrightarrow \alpha_1 f_{cd} \cdot b \cdot \beta_1 \frac{7000}{7000-f_y} d' = A_s f_{yd} - A'_s f_{yd}$$

شرایط طراحی

$$\div bd: \quad \rho - \rho' = \alpha_1 \beta_1 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{7000}{7000-f_y} \frac{d'}{d}$$

نتیجه: فولاد فشاری جاری می‌شود $\rho - \rho' > \rho_{min}$ در یک مقطع

〃 〃 جاری نمی‌گردد $\rho - \rho' < \rho_{min}$

مقاومت اسمی

$$\rho_{min} = \alpha_1 \beta_1 \frac{d'}{d} \frac{f_{cc}}{f_y} \frac{7000}{7000-f_y}$$

هدف: محاسبه M_n ــــ کنترل خمشی طراحی
معلوم: ـــ b, d, A_s, A'_s

مراحل: ۱ـ محاسبه مقادیر ρ و ρ' ، $\rho = \frac{A_s}{bd}$, $\rho' = \frac{A'_s}{bd}$

۲ـ 〃 〃 ρ_{bd} ← $\rho_{bd} = \alpha_1 \beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{7000}{7000+f_y}$

۳ـ 〃 〃 ρ_{min} ← $\rho - \rho' = \alpha_1 \beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{d'}{d} \frac{7000}{7000+f_y}$

۴ـ کنترل جاری شدن فولاد کششی { $\rho' < \rho_{bd}$ ← فولاد کششی جاری شود

۵ـ 〃 〃 〃 فشاری { $\rho - \rho' > (\rho - \rho')_{min}$ ← 〃 فشاری 〃

VAHDAT
Scanned by CamScanner

Subject: Year: Month: Date:

اثر پخش بر روی M_n → دو برابر

۶_ استفاده از روابط حالت خاص یک

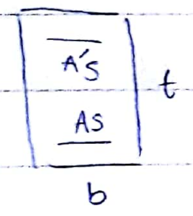
۷_ « « « کلی .

$M_{r_{max}}$ ⟶ شکست نرم اتفاق بیفتد

$$\rho = \rho_{bd} \longrightarrow q_b = \rho_{bd} \frac{f_{yd}}{f} \longrightarrow R_b = q_b\left(1 - \frac{0.5}{\alpha} q_b\right)$$

$$\longrightarrow M_b = (M_r)_{max} = f_{cd}\, b d^2 * R_b$$

جلسه‌ی یازدهم:



تحلیل مقطع ⟶

1_ مرحله‌ی اول ⟶ بتن ترک نخورده — $(n-1)A'_s$, $(n-1)A_s$, I_g

2_ « دوم ⟶ « ترک خورده — $(n-1)A'_s$, nA_s, I_{cr}

3_ « سوم ⟶ بتن غیرخطی

4_ مقاومت نهایی مقطع — طراحی M_r ، اسمی M_n

فرمول کلی

$$\begin{cases} \alpha_1 f_{cd}\, b.a + f'_s A'_s - f_s A_s = 0 \\ M_r = \alpha_1 f_{cd}\, b a \left(d - \frac{a}{2}\right) + f'_s A'_s (d - d') \end{cases}$$

حالت خاص ۱:

$$f'_s = f_s = f_{yd} \qquad a = \frac{(A_s - A'_s) f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}\, b}$$

$$M_r = \alpha_1 f_{cd}\, b a \left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_s f_{yd} (d - d')$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject:

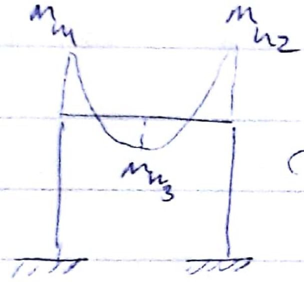
Year: Month: Date:

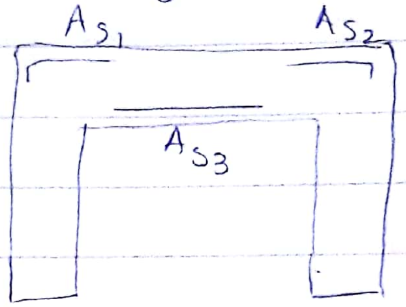
حالت خاص ۲، از اثر فولاد فشاری صرف نظر می‌کنیم.

$$a = \frac{A_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b} \longrightarrow M_r = \alpha_1 f_{cd}\, b a \left(d - \frac{a}{2}\right) = A_s f_{yd} \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\frac{M_r}{f_{cd}\, b d^2} = R = q\left(1 - \frac{0.5}{\alpha_1} q\right) \qquad q = \rho \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

طراحی اعضای خمشی: Flexural Design





طرح ⟶ b, d, t, A_s, A'_s

$M_r > M_u$

$f_{cc} = 250 \frac{kg}{cm^2}$

AIV $f_y = 4000$ "

d: ارتفاع مؤثر.

۱- افزایش d ($d\uparrow$) ⟵ بازوی لنگر $\uparrow$ ⟵ میزان آرماتور $\downarrow$

$d\uparrow$ ⟵ $I\uparrow$ ⟵ δ تغییر شکل $\downarrow$ ⟵ کاربری $\uparrow$.

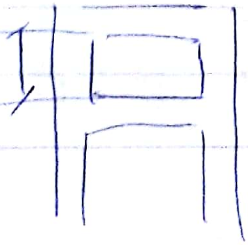
" ⟵ $I\uparrow$ (ممان اینرسی) ⟵ لرزش $\downarrow$

" ⟵ وزن $\uparrow$ ⟵ مقداری از آرماتور برای صرف وزن مصرف می‌شود.

" ⟵ ارتفاع $\uparrow$ ⟵ نیروهای زلزله و نیروهای باد $\uparrow$

" ⟵ حجم ساختمان $\uparrow$ ⟵ هزینه‌ی تأسیسات $\uparrow$

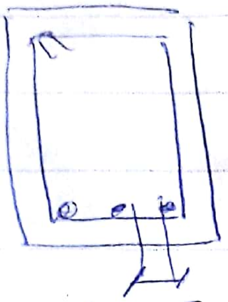
آیین‌نامه ⟵ جدول حداقل عمق تیر و دال ⟵ برای ساختمان‌های معمولی نیازی به کنترل تغییر شکل نیست.



Subject:
Year: Month: Date:

② عرض تیر

- نقش خاصی در افزایش مقاومت ندارد.
- جا بدهی آرماتور



برای عبور بتن

$b \simeq (\frac{1}{2} \text{ to } \frac{2}{3})\, t$

min 30cm

③ A'_s ← از آرماتور فشاری صرف نظر می‌کنیم.

④

$M_u \simeq M_n$

$R = \frac{M_n}{f_{cd} b d^2} \xrightarrow{\text{جدول ۱}} q$ (انتخاب) $\rightarrow \rho$ (محاسبه) $\rightarrow \rho = \frac{A_s}{bd} \rightarrow$ محاسباتی

$R = q(1 - \frac{0.5}{\alpha} q)$

← تعداد و سایز آرماتور انتخاب می‌کنیم.

نکات آیین نامه‌ای طراحی:

① $A_{s\,\text{محاسباتی}} > A_{s\,\text{حداقل}} = A_{s\,min} = \begin{cases} \frac{14}{f_y} & \text{kg..} \\ 0.8\sqrt{\frac{f_c}{f_y}} \end{cases}$ قدیم $\frac{14}{f_y}$ ، $\frac{0.25\sqrt{f_{cd}}}{f_{yd}}$ جدید

جلوگیری از شکست ناگهانی.

② شکست در تیر طراحی شود به صورت منعطف ← مقطع کم آرماتور ← $\rho - \rho' < \rho_{bd}$

$\rho < 0.025$. با جدول $\rho_{bd} = \alpha_1 \beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \frac{7000}{7000 + f_y}$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject:

Year: Month: Date:

③ نیاز به آرماتور فشاری

$A_{sb} = \rho_{bd} \cdot bd \rightarrow \rho_b = \frac{A_{sb}}{bd} \rightarrow q_b = \rho_b \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \rightarrow R_b = \frac{M_{rb}}{f_{cd}\, bd^2}$

آرماتور متعادل بالانس

حداکثر لنگر تحمل تیر با وجود شکست نرم

$\rho_b = \frac{A_s b}{bd} \rightarrow q_b = \rho_b \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \rightarrow R_b = \frac{M_{rb}}{f_{cd}\, bd^2} \rightarrow$ حداکثر لنگر تحمل تیر با وجود شکست نرم

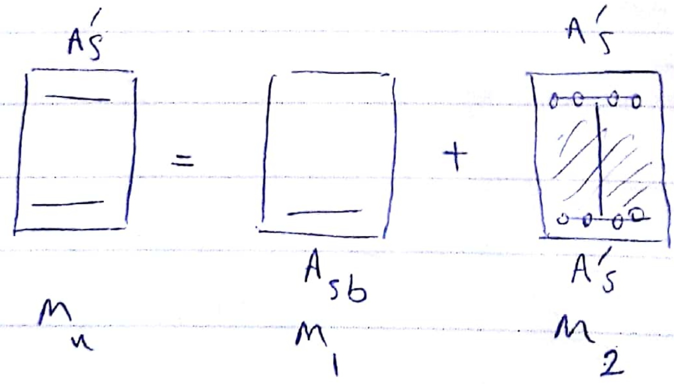
$M_u \quad M_p > M_{rb}$
- افزایش d ↑
- $d = cte$ (ثابت) .. تغییر اجبار طراحی

$M_u = M_r = \alpha_1 f_{cd}\, b.a\left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_s f_{yd} (d - d')$

راه دوم

$A'_s + A_{sb} = A_s$

A_s



شرط جاری شدن آرماتور فشاری

$\rho - \rho' > \alpha_1 \beta_1 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \frac{d'}{d} \frac{7000}{7000 - f_y}$ (1

مراحل طراحی آرماتور فشاری:

① انتخاب ρ_{bd} ⟵ $A_s = \rho_{bd} \cdot bd = A_{s\,کل} - A'_s$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

۲) در نظر $\bar{A}_s$

$$\bar{a} = \frac{\bar{A}_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b}$$

$$M_1 = \alpha f_{cd} b \bar{a} \left(d - \frac{\bar{a}}{2}\right)$$

۳) سهم لنگر برای آرماتور فشاری

$$M_u - M_1 = M_2$$

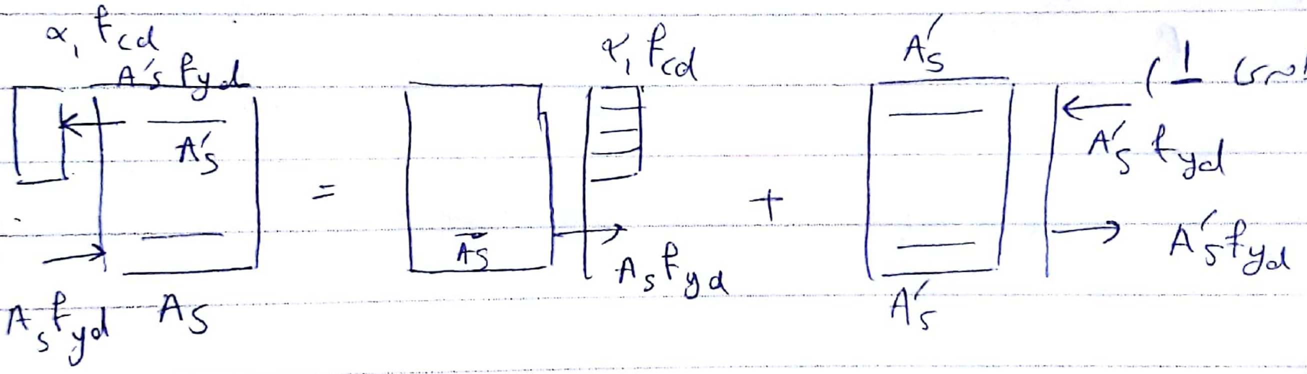
۴) محاسبه‌ی آرماتور فشاری

$$A'_s = \frac{M_2}{(d-d') f_{yd}}$$

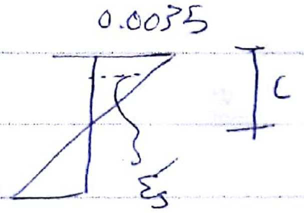
۵)

$$A_s = \bar{A}_s + A'_s$$

ادامه‌ی (1)



اگر آرماتور فشاری جاری نشده باشد، باید به میزان جاری نشدن آرماتور فشاری اضافه شود



معادله‌ی قبل $\longrightarrow$ a $\longrightarrow$ $c = \frac{a}{\beta_1}$

مقطع بتن بدون فولاد فشاری

if $\varepsilon'_s < \varepsilon_y \longrightarrow A'_s = A'_s * \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon'_s}$

محاسبه شده   اصلاح شده

جمع‌بندی طراحی:

۱) کنترل نیاز به آرماتور فشاری

$$M_{rb} = R_b f_{cd} b d^2$$

$$R_b = q_b \left(1 - \frac{0.5}{\alpha_1} q_b\right)$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :
Year   Month   Date

$$q_b = \rho_{bd} \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

کنترل

بند ② ⟵ if $M_u < M_{rb}$ نیازی به آرماتور فشاری نیست

بند ③ ⟵ $M_u > M_{rb}$ نیاز به آرماتور فشاری است

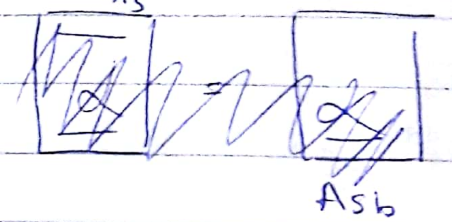
② $R = \frac{M_u}{f_{cd} b d^2} \longrightarrow q \longrightarrow \rho \longrightarrow A_s$ (محاسباتی) $> A_s$ (حداقل)

③ $\bar{A}_s = \rho_{bd}\, b d \qquad \bar{a} = \frac{\bar{A}_s f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd}\, b a} \qquad M_1 = \bar{A}_s f_{yd} (d - \frac{a}{2})$

$M_2 = M_u - M_1 \qquad A'_s = \frac{M_2}{f_{yd}(d-d')}$

کنترل جاری شدن آرماتور فشاری و اصلاح A'_s در صورت نیاز

$$\begin{cases} A_s = \bar{A}_s + \bar{A}'_s \\ A'_s = A_s \end{cases}$$



عمق بهینه (با حداقل عمق که نیاز به آرماتور فشاری نداشته باشیم).

$M_u \longrightarrow d_{opt} \longrightarrow R_b$ (ثابت) $\longrightarrow R_b = \frac{M_u}{f_{cd} b d^2} \longrightarrow d_{opt} = \sqrt{\frac{M_u}{f_{cd} \cdot b \cdot R_b}}$

* انتخاب آرماتورها :	هرچقدر تعداد آرماتورها بیشتر باشد چسبندگی بین بتن و آرماتور بیشتر است.
	تعداد باید طوری باشد که در یک مقطع جا داده شود

VAHDAT

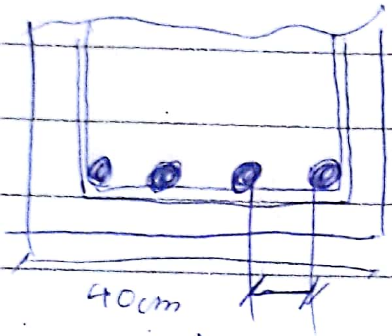
Subject :

Year :　Month :　Date :

مثال :

$A_s = 20\ cm^2$

	تعداد	A cm^2	
	$n = \frac{20}{0.5} = 40$	0.5	Φ8
26 ←	25.47	0.785	Φ10
18 ←	17.7	1.13	Φ12
14 ←	13.07	1.53	Φ14
	10	2	Φ16
8 ←	7.87	2.54	Φ18
7 ←	6.36	3.14	Φ20
6 ←	5.26	3.8	Φ22
←	4.08	4.9	Φ25
	3.25	6.15	Φ28
	2.5	8	Φ32

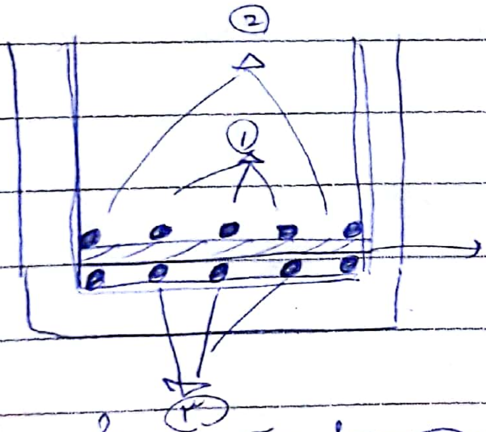


فاصله ی خالص > 2.5cm

$> 1.3 d_b$

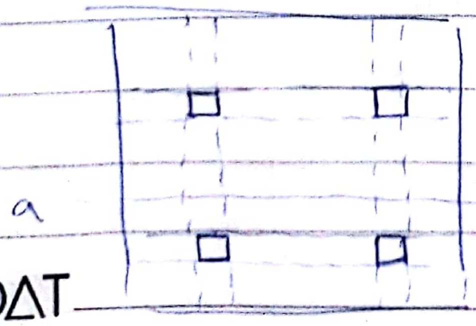
تعداد آرماتور

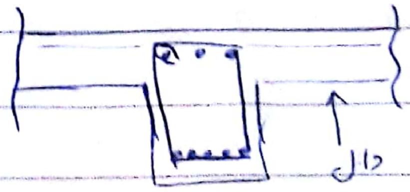
سیاست انتخاب آرماتور

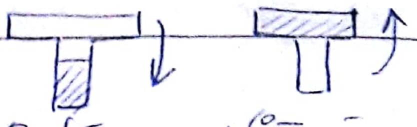


جلسه ی دوازدهم

تیرهای T شکل :







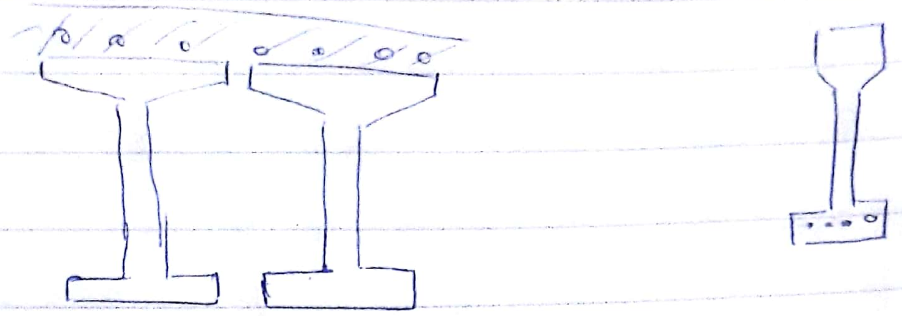
مستطیل شکل　　تیر T شکل

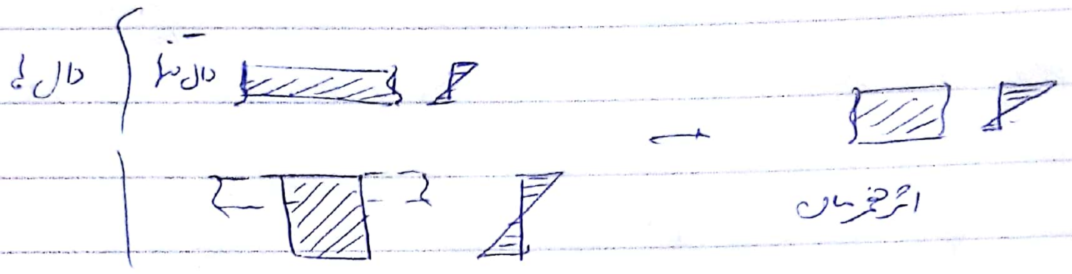
VAHDAT

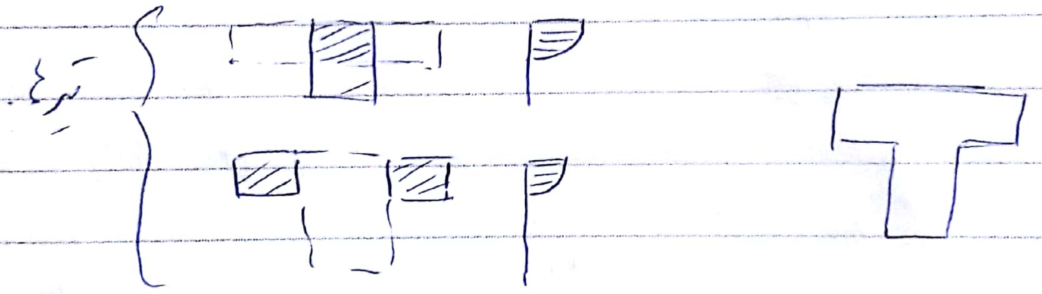
Scanned by CamScanner

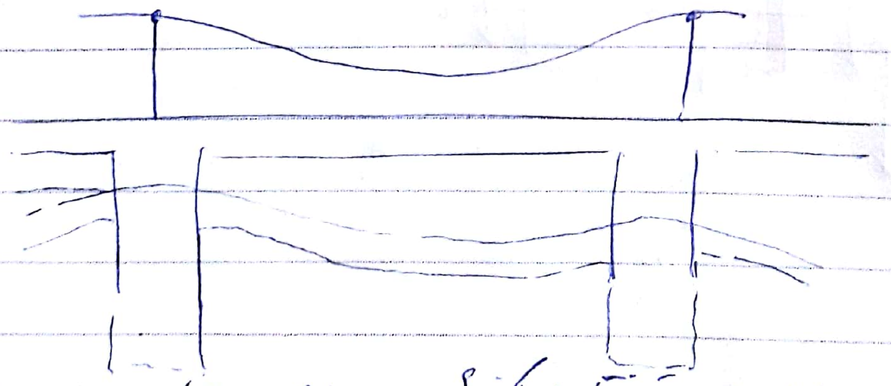
Subject :

Year : Month : Date :



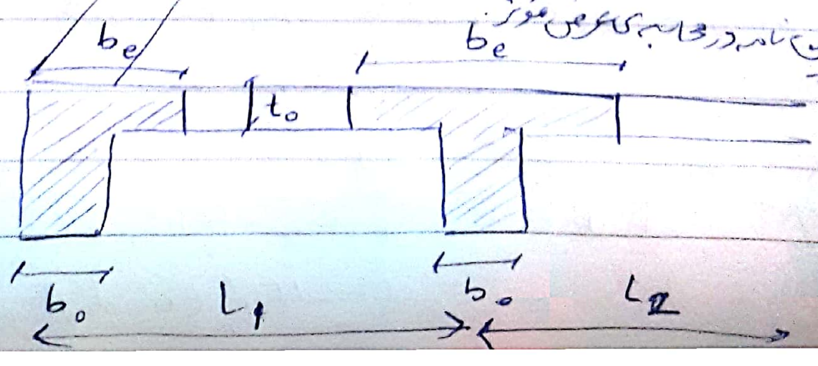






چه درصدی (بسمتی) از دال با تیر کار می کند؟ (a - a)

ضوابط آئین نامه در محاسبه ی عرض موثر



VAHDAT

Subject :

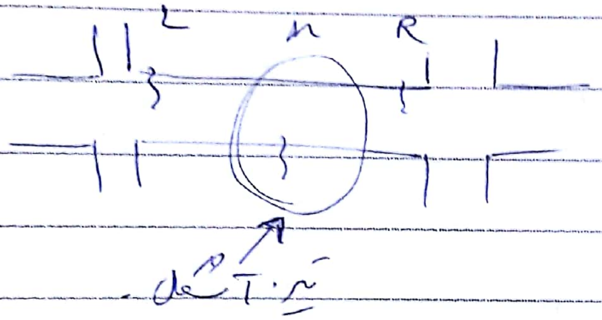
Year : Month : Date :

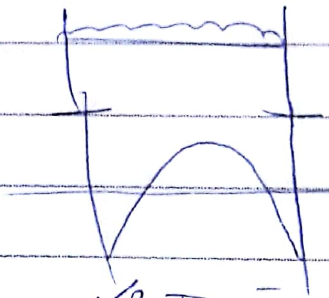
دهانه تیر   تیر یکسره   تیر دو سر ساده

$$b_e \leq \begin{cases} b_0 + \frac{l}{12} \\ b_0 + 6t_0 \\ b_0 + \frac{L_1}{2} \end{cases}$$

$$b_e \begin{cases} \leq \frac{l}{4} & 0.4l \\ \leq b_0 + 16t \\ \leq b_0 + \frac{L_1 + L_2}{2} \end{cases}$$

یک طرف به دال وصل باشد   از دو طرف به دال وصل می‌شود

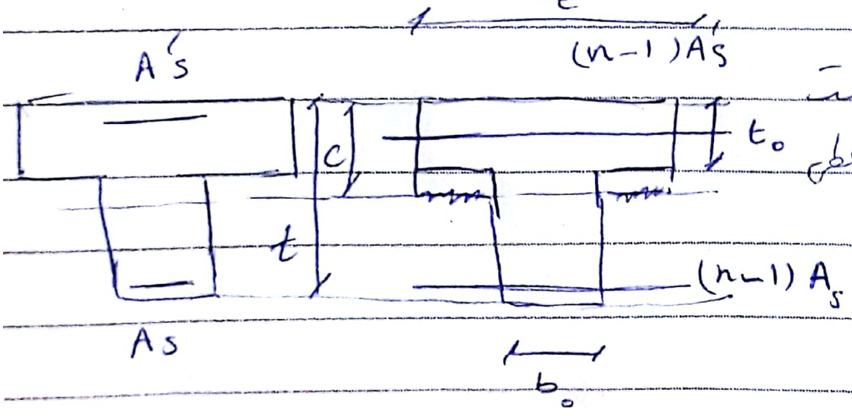




تحلیل تیر T شکل :

① مرحله‌ی اول بتن ترک نخورده است

فولاد و بتن هر دو خطی



$c > t_0$

$$b_0 \times \frac{c^2}{2} + (b_e - b_0) \times t_0 \times (c - \frac{t_0}{2}) + (n-1)A'_s(c - d')$$
$$= b_0 * (t - c) \times (\frac{t - c}{2}) + (n-1)A_s(t - c)$$

$c < t_0$

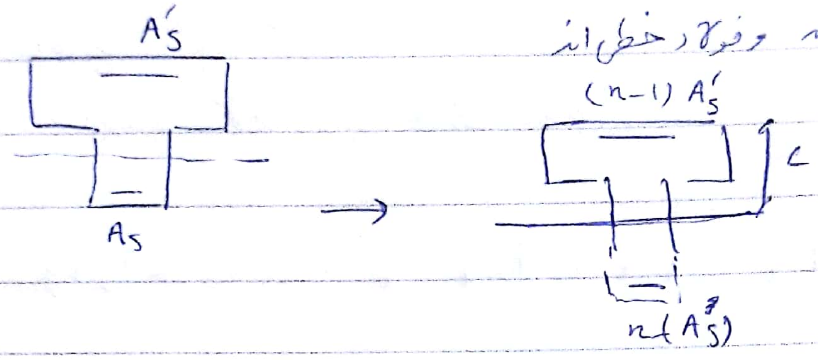
$$I_g = \frac{1}{3} b_0 c^3 + (b_e - b_0)\frac{t_0^3}{12} + (b_e - b_0)\frac{t_0^3}{12}$$
$$+ (b_e - b_0) t_0 * (c - \frac{t_0}{2})^2 +$$
$$(n-1)A'_s(c - d')^2 + b_0\frac{(t - c)^3}{3} +$$
$$(n-1)A_s(t - c)^2 -$$

VAHDAT

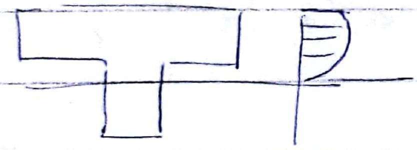
Scanned by CamScanner

$f_c = \frac{Mc}{I_g}$

(۲) تنش در مرحله‌ی دوم   تنش در کشش ترک خورده
" و فولاد در خطی اند

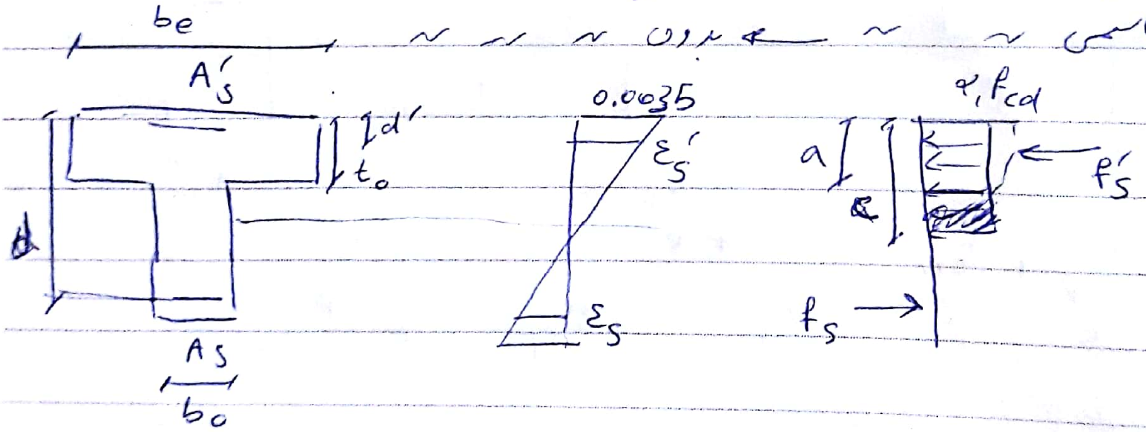


(۳) تنش در مرحله‌ی سوم: تنش در بتن روا در ناحیه‌ی غیر خطی شده است.
فولاد و یا جاری نشد یا جاری شده



$\Sigma F = 0$

$\Sigma M = M_e$ مقاومت نهایی خمشی تیر T شکل ⟵ ضرایب کاهش مقاومت.
" " " " بدون ⟵ " " اسمی "



$\Sigma F = 0 \longrightarrow \alpha_1 f_{cd}(b_e - b_o)t_o + \alpha_1 f_{cd} b_o a + A'_s \phi_s f_s - A_s \phi_s f_s = 0$

$\Sigma M = M_n \longrightarrow \alpha_1 f_{cd} b_o a(d - \frac{a}{2}) + \alpha_1 f_{cd}(b_e - b_o) t_o * (d - \frac{t_o}{2})$
$+ A_s \phi_s f'_s (d - d') = M_n$

کنترل ⟵ $\varepsilon'_s = \frac{c - d'}{c} * 0.0035 < \varepsilon_y$

$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} * 0.0035 < \varepsilon_y$ ⟵ اگر شرط برقرار نباشد (سعی و خطا)

Scanned by CamScanner

باید حالات با حالت‌های f'_s با f_{yd} یا $\bar{f}_s$ با f_{yd} تجدید نوشته شود

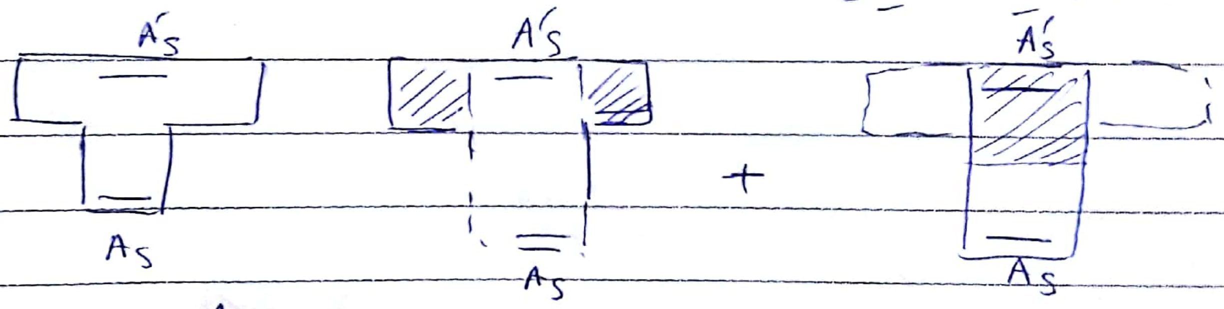
حالت خاص

میلگردهای فشاری و فولاد کششی جاری شده باشد

$$\sum F = 0 \longrightarrow \alpha_1 f_{cd} b_0 a + \alpha_1 f_{cd} (b_e - b_0) t_0 + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd} = 0$$

$$\sum M = 0 \longrightarrow \alpha_1 f_{cd} b_0 a \left(d - \frac{a}{2}\right) + \alpha_1 f_{cd} (b_e - b_0) t_0 \left(d - \frac{t_0}{2}\right) + A'_s f_{yd} (d - d') = M_r$$

فرمولها با یک نگاه دیگر:



$$A_s = A_{sf} + A_{sw}$$ **

آرماتور سهم بال ، آرماتور سهم جان

$$M_r = M_{rf} + M_{rw}$$

لنگر طراحی ، لنگر طراحی سهم بال ، لنگر طراحی سهم جان

$$** \quad \alpha_1 f_{cd} (b_e - b_0) t_0 = A_{sf} f_{yd} \longrightarrow A_{sf} = \frac{\alpha f_{cd} (b_e - b_0) t_0}{f_{yd}}$$

حالت تعادل کلی

$$\alpha_1 f_{cd} (b_e - b_0) t_0 + \alpha_1 f_{cd} b_0 a + A'_s f_{yd} = (A_{sf} + A_{sw}) f_{yd}$$

Scanned by CamScanner

$$\longrightarrow \alpha_1 f_{cd} b_o a + A'_s f_{yd} = A_{sw} f_{yd}$$

$$A_{sw} = A_s - A_{sf}$$

$$M_r = M_{rf} + M_{rw}$$

$$= \underbrace{\alpha_1 f_{cd} (b_e - b_o) t_o * (d - \frac{t_o}{2})}_{M_{rf}} + \alpha_1 f_{cd} b_o a (d - \frac{a}{2})$$

$$+ A'_s f_{yd} (d - d')$$

$$a = \frac{(A_{sw} - A'_s) f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b_o}$$

جمع بندی، محاسبه‌ی M_n در مقاطع T شکل.

$$a = \frac{(A_s - A'_s) f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b_o} > t_o \longrightarrow$$ مرحله‌ی ۲ ـ ۵

$a < t_o \longrightarrow$ از روابط تیر مستطیلی با فرض $b_e = b$ محاسبه می‌شود.

۱ـ فرض جاری شدن فولادهای کششی.

۲ـ سهم A_{sf} را محاسبه می‌کنیم

$$A_{sf} = \frac{\alpha_1 f_{cd} (b_e - b_o) t_o}{f_{yd}}$$

۳ـ محاسبه‌ی M_{rf} و M_{rw}

$$M_{rf} = \alpha_1 f_{cd} (b_e - b_o) t_o (d - \frac{t_o}{2})$$

$$M_{rw} = \alpha_1 f_{cd} b_o a (d - \frac{a}{2}) + A'_s f_{yd} (d - d')$$

$$\longrightarrow a = \frac{(A_{sw} - A'_s) f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b_o}$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Project :
Year : Month : Date :

۴- کنترل جاری شدن A'_s / A_{sw} با روابط تیرهای مستطیل شکل

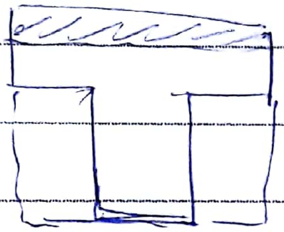
$\rho_w - \rho' < \rho_{bd}$

$\rho_w = \dfrac{A_{sw}}{b_0 d}$

$\rho_w - \rho' > \rho_{min}$

۵- اگر A'_s یا A_{sw} جاری شده باشد باید روابط کلی نوشته شود

۵- کنترل T شکل بودن مقطع



فرض کنیم ما با یه مستطیل بزرگ سر و کار داریم.
$\begin{cases} b_e \\ A'_s \\ A_s \end{cases}$
عمق مقطع محاسبه می‌شود
(فرض می)

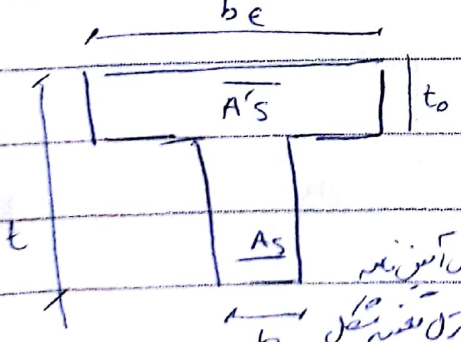
$$a = \frac{(A_s - A'_s) f_{yd}}{\alpha_1 f_{cd} b_e}$$

$a > t_0 \rightarrow$ مقطع T شکل

$a = t_0$

$a < t_0 \rightarrow$ مقطع مستطیلی

طراحی تیرهای T شکل.



مجهولات: $t \,/\, b_e \,/\, t_0 \,/\, b_0 \,/\, A_s \,/\, A'_s$

↓

ضخامت دال

↓

روابط عرض بال ← { دال یکطرفه / دال دوطرفه }

جدول آیین‌نامه برای کنترل تغییر شکل $\bar{b}_0$ (آیین‌نامه)

$t_0 = \dfrac{P}{140 \sim 160}$ ← محیط دال

دال میانی — دال کناری.

VAHDAT

Scanned by CamScanner

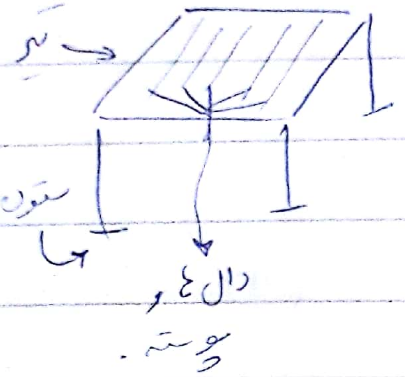
Subject :

Year : Month : Date :

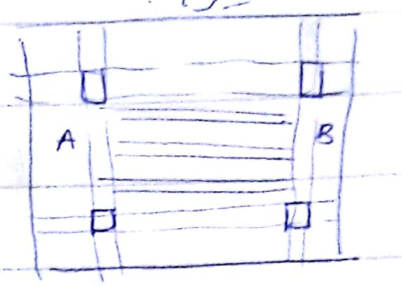
عمدتاً در دو جهت دارای تکیه‌گاه هستند. ← دال یکطرفه

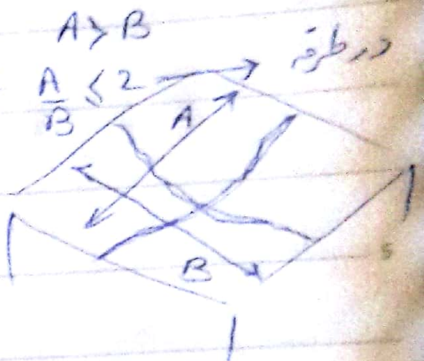
بار در دو سمت توزیع می‌شود

one way Dir



در چنین صورت یکطرفه

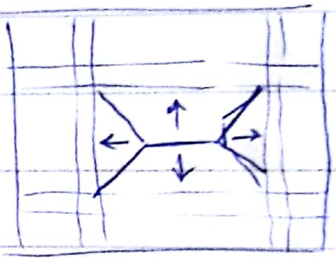




دال در چهار طرف دارای تکیه‌گاه است.

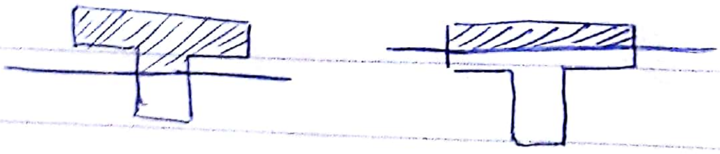
دال‌های یکطرفه → { تیرچه‌ها، تیرک فرعی }

$A/B \le 2$ ⟶ دال چهارطرف تکیه‌گاه



تحلیل M_u ⟶ A_s

تکیه‌ای انتخاب کنیم که $M_r \ge M_u$

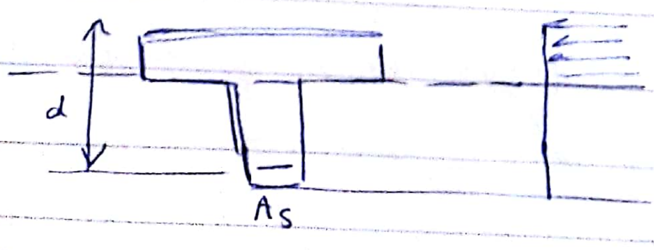


مراحل طراحی

① انتخاب b_e و t

② انتخاب d و b طبق ضوابط تیرهای مستطیلی شکل.

③



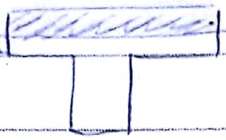
$$\bar{M} = \alpha_1 f_{cd} b_e t_0 \left(d - \frac{t_0}{2}\right)$$

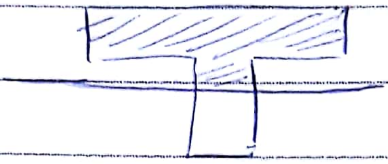
VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :

Year : Month : Date :

M_u { $M_u < \bar{M}$ →  تیر مستطیلی شکل رفتار خواهد کرد

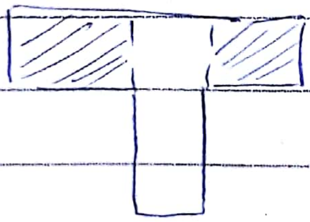
$M_u > \bar{M}$ → 

(۴ الف) if $M_u < \bar{M}$ → دقیقاً مثل طراحی تیر مستطیلی شکل با لحاظ کردن → d, b_e

$$R = \frac{M_u}{f_{cd}\, b_e d^2} \to q \to \rho \to A_s = \rho * b * b_e$$

ب) if $M_u > \bar{M}$ → طراحی تیر T شکل انجام می‌دهیم.

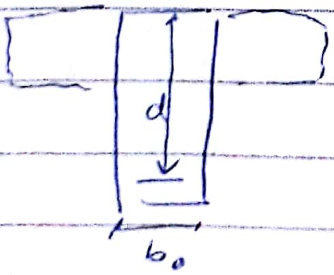
ب-۱) نیروی سهم بال و آرماتور نظیر را محاسبه می‌کنیم.



$$M_{rf} = \alpha_1 f_{cd} (b_e - b_0) t_0 * (d - \frac{t_0}{2})$$

$$A_{sf} = \frac{\alpha_1 f_{cd} (b_e - b_0) t_0}{f_{yd}}$$

ب-۲) نیروی سهم جان محاسبه می‌شود



$$M_{rw} = M_u - M_{rf}$$

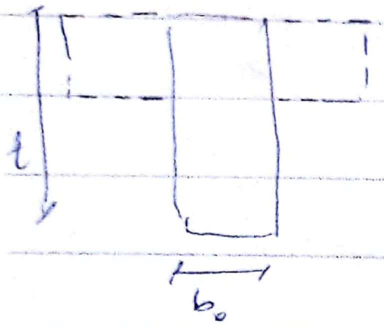
ب-۳) آرماتور سهم جان (A_{sw}) با فرض و احیاناً در صورت نیاز A'_s مثل تیر مستطیلی شکل محاسبه می‌شود

VAHDAT

Scanned by CamScanner

ب-۴) انتخاب آرماتور $A_s = A_{sf} + A_{sw}$

(A'_s در صورت نیاز)



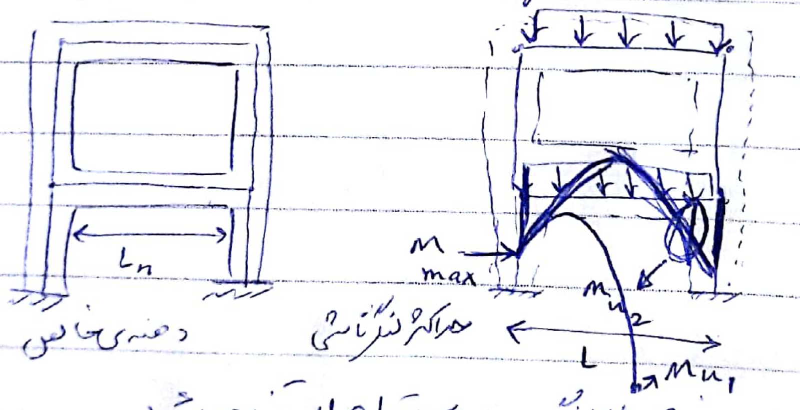
با فرض $\rho_{bd} \longrightarrow q_{b} \longrightarrow R_b \longrightarrow M_{rb}$

$if \longrightarrow M_{rb} < M_{rw}$ نیاز به آرماتور فشاری داریم

نکته ۱: در مرحله ی ۴ ← در محاسبه ی A_s، حداقل بایستی b_0 (عرض جان) در محاسبات منظور شود:

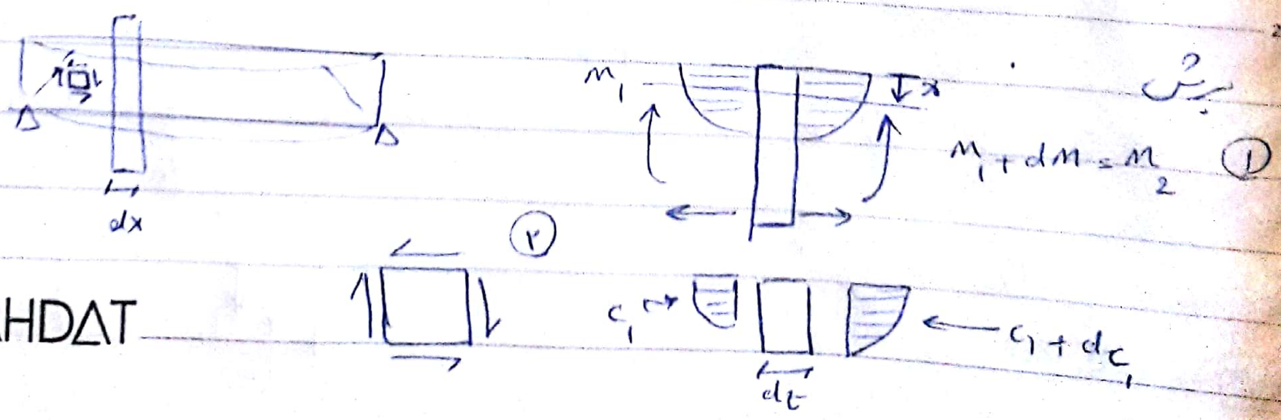
$A_s = \rho * b_0 * d \geq A_{s\,\text{حداقل}}$

$$= \begin{cases} \frac{14}{f_y} = \rho = \rho_{\text{حداقل}} \\ \frac{0.25\sqrt{f_{cd}}}{f_y} = \rho_{\text{حداقل}} \end{cases}$$



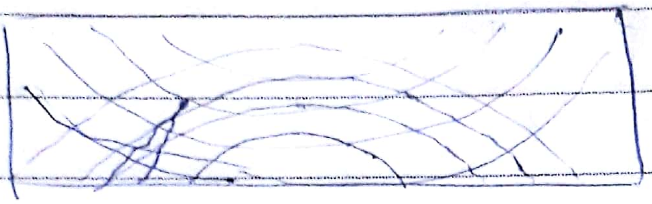
$L > L_n$

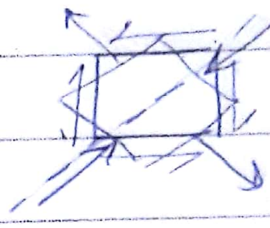
نکته ۲: برای طراحی اعضای خمشی از لنگر وجه ستون استفاده شود



Scanned by CamScanner

③

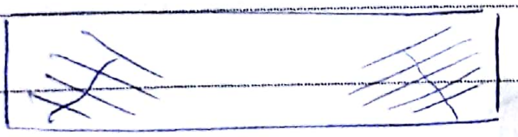




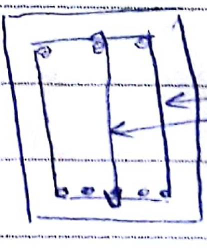
① مقاطع بتنی تحت اثر تنش برشی دچار ترک خوردگی می‌شود.

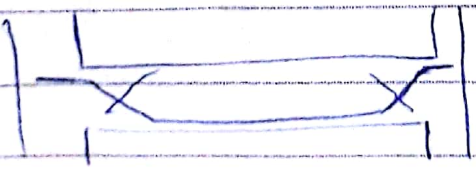
② در مقاطع بتنی ترک خورده در اثر برش سهمی از مقطع به دلیل وجود ... باشی از خمش ترک نخورده باقی می‌ماند. در مقطع ترک خورده هنوز بخشی در اثر برابر برشی مقاومت دارد.

③ پس می‌توانیم با استفاده از آرماتور برشی مقاومت برشی را تامین کنیم.



آرماتور برشی یا خاموت.

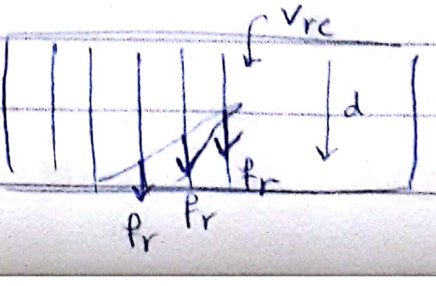




④ در مقاطع بتن آرمه با وجود آرماتور برشی مقاومت برشی توسط بتن و خاموت تامین می‌شود.

$$V_r = V_{rc} + V_{rs}$$

مقاومت برشی سهم بتن



Scanned by CamScanner

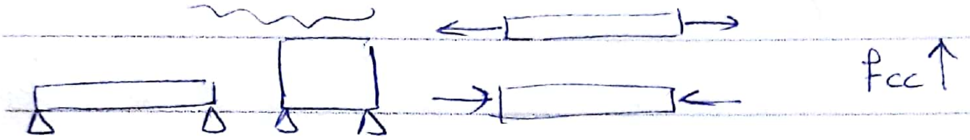
Subject :
Year : Month : Date :

۵) در محاسبات برای برش، از تنش برشی متوسط استفاده می‌کنیم.

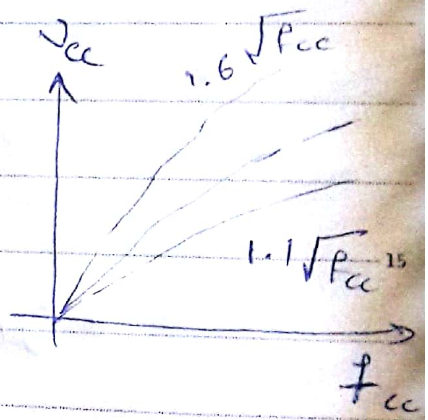
$$v = \frac{V}{b.d}$$

۶) برای محاسبه‌ی مقاومت برشی سهم بتن باید بر اساس آزمایش تیرهای بدون آرماتور برشی مورد آزمایش قرار بگیرد.

V_{rc} → میزان برش، مشخصات بتن، نسبت نیروی محوری، دهانه



- دهانه‌های کوچک ← رفتار برشی حاکم: $1.1\sqrt{f_{cc}} < v_{cc} < 1.6\sqrt{f_{cc}}$ تنش برشی مقاوم
- دهانه‌های بلند ← رفتار خمشی حاکم: $v_{cc} = 0.6\sqrt{f_{cc}}$
- دهانه‌های متوسط ← رفتار خمشی برشی: $v_{cc} = 0.6\sqrt{f_{cc}} + 12\rho\frac{V_u d}{M_c} < 1.1\sqrt{f_{cc}}$



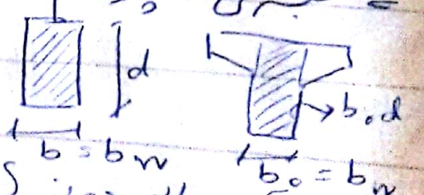
نتایج آزمایشها

طراحی برش:

$V_r = V_{rc} + V_{rs}$

$V_{rc} = v_{cd} * b * d$ (مقاومت برشی، مساحت برشی)

- مقطع‌های چهارخم:



← آزمایش ← تابع { آرماتور طولی و دهانه، و نیروی محوری }

۳۲

Subject :

Year : Month : Date :

آیین نامه بتن

تنش برشی اسمی بتن

$$V_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}} \longrightarrow V_{cd} = \phi_c V_{cc} = 0.65 * 0.63\sqrt{f_{cc}}$$

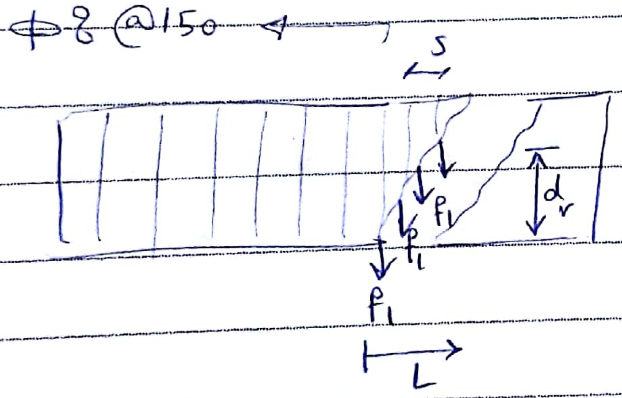
$$V_{cd} = \left(0.95 * \phi_c * 0.63\sqrt{f_{cc}} + 120 \frac{V_u d}{M_u} \rho_w\right) < 0.75\,\phi_c \cdot 0.63\sqrt{f_{cc}}$$

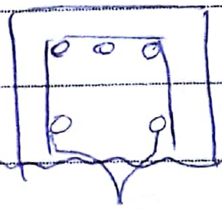
$$V_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}}\left(1 + \frac{N_u}{A_g * 120}\right)$$ در حضور نیروی فشاری

$$V_{cc} = 0.63\sqrt{f_{cc}}\left(1 + \frac{N_u}{30 A_g}\right) \quad (N_u < 0)$$ در حضور نیروی کششی

محاسبه ی برش مقاوم آرماتورها

$\phi 8 @ 150$





A_v مجموع مساحت خاموت های برشی

$$f_1 = A_v * f_{yd}$$

$$n = \frac{L}{S} \longrightarrow n = \frac{d_v \cot\theta}{S} \xrightarrow[d_v \simeq d]{\theta = 45^\circ} l = d_v \cot\theta$$

تعداد خاموت

$$V_{rs} = n * A_v * f_{yd} = \frac{d}{S} * A_v \cdot f_{yd}$$

$$V_{rs} = \frac{A_v}{S} \cdot f_{yd} \cdot d \qquad V_r = V_{rc} + V_{rs}$$

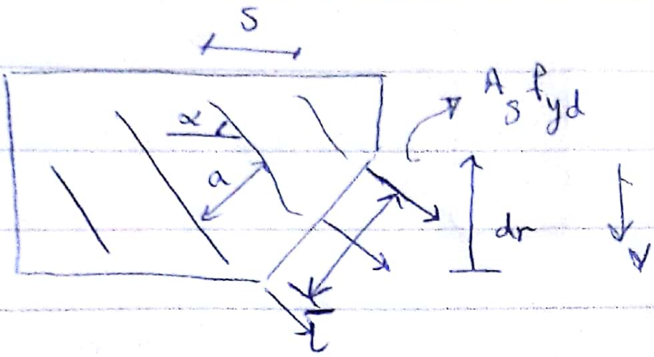
مقاومت برشی مقطع — $V_{cd} * b_w d$ — مقاومت خاموت

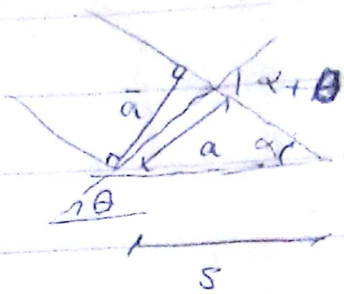
VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

مقاومت برشی خاموت‌های مایل :





$V_{rs} = n * A_s f_{yd} * \sin\alpha$

① $n = \frac{\bar{l}}{a}$

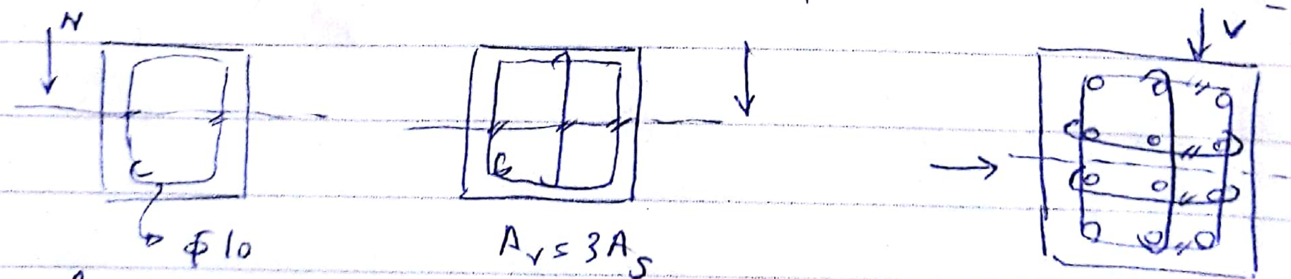
② $\bar{l} = \frac{d_v}{\sin\theta}$

$\begin{cases} \bar{a} = a \sin(\alpha+\theta) \\ \bar{a} = S \sin\alpha \end{cases} \longrightarrow a\sin(\alpha+\theta) = S\sin\alpha$ ③

$a = \frac{S\sin\alpha}{\sin(\alpha+\theta)}$, $n = \frac{d\sin(\alpha+\theta)}{S\sin\alpha . \sin\theta}$ ④

$V_{rs} = \frac{d_v}{S} . A_v . f_{yd} * \frac{\sin(\alpha+\theta)}{\sin\theta} \xrightarrow[\theta=45^\circ]{d_v=d} V_{rs} = \frac{A_v}{S} * f_{yd}\, d(\sin\alpha + \cos\alpha)$

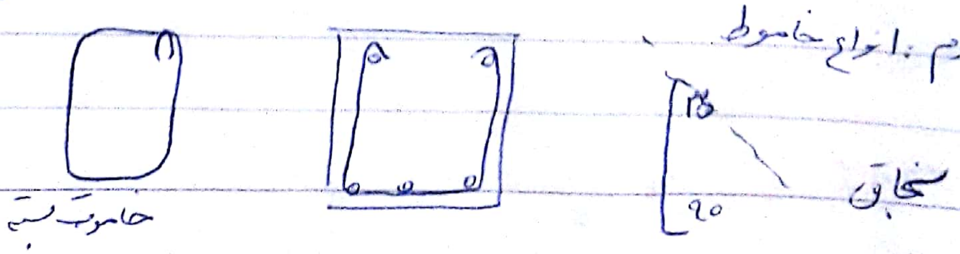
نکته یک , منظور از A_v مجموع تمام مساحت‌های خاموت در ناحیه ترک برشی است.



$A_v = 2A_s$ $A_v = 3A_s$ $A_v = 4A_s$

$A_v = 2 * 0.785$

نکته دوم : انواع خاموط



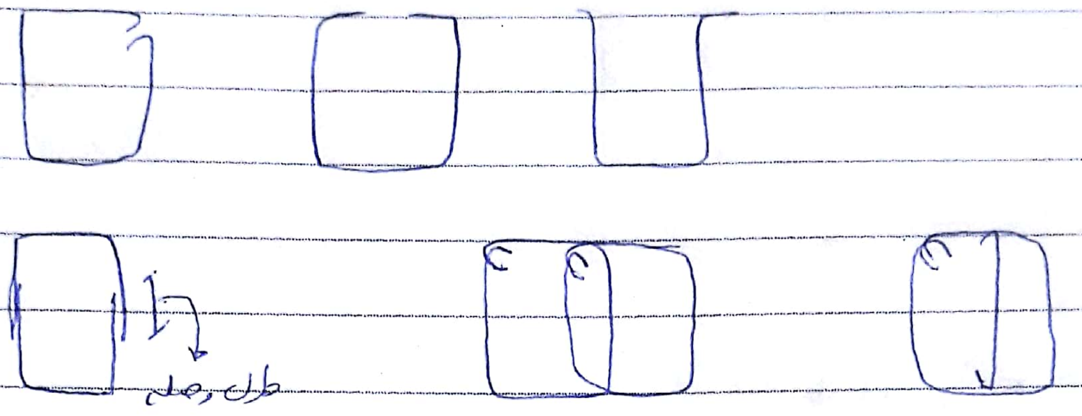
VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :

Year : Month : Date :

خاموت بسته — خاموت باز



خاموت دو تکه

☒ طراحی مقاطع در برابر برش است :

نکته ی اول : طراحی خمشی نسبت به طراحی برشی در اولویت است — b , d ✓

$V_u < V_r = V_{rc} + V_{rs}$

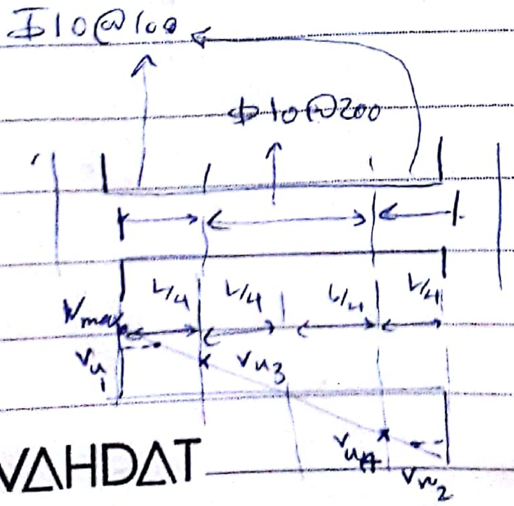
حالت مینیمم: $V_u = V_r = V_{rc} + V_{rs} = v_{cd}\, b_w d + \begin{cases} A_s f_{yd} \frac{d}{s} \\ A_s f_{yd} \frac{d}{s} (\sin\alpha + \cos\alpha) \end{cases}$

$V_{rc} = \phi_c\, 0.63 \sqrt{f_{cc}} * b_w d$

$V_{rs} = V_u - V_{rc} = \frac{A_v}{s} f_{yd} \longrightarrow \frac{A_v}{s} = \frac{V_u - V_{rc}}{f_{yd} \cdot d} \longrightarrow$ انتخاب: $S \rightarrow A_v$ ، $A_v \rightarrow S$

نکات :

۱- عضو طرای برش داخلی متغیر در طول است.

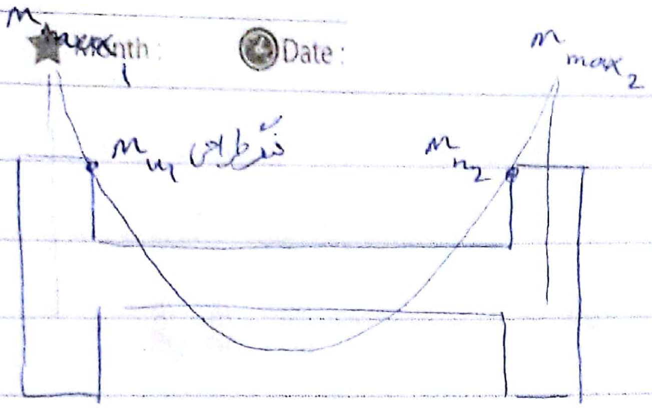


$(\frac{A_v}{s})_1 \quad (\frac{A_v}{s})_3 \quad (\frac{A_v}{s})_4 \quad (\frac{A_v}{s})_2$

VAHDAT

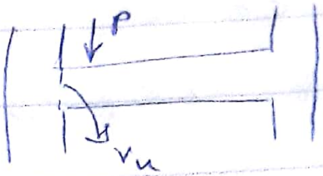
Scanned by CamScanner

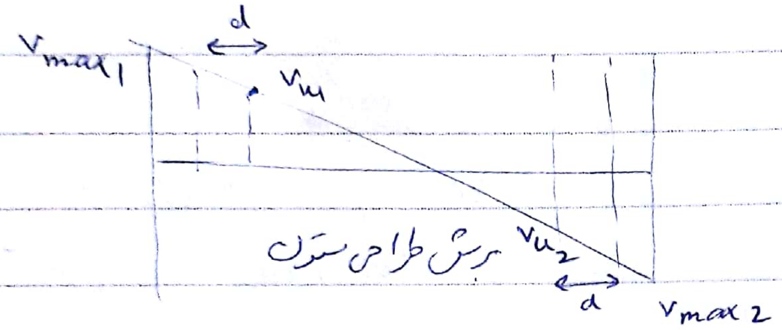
Subject :
Year : Month : Date :

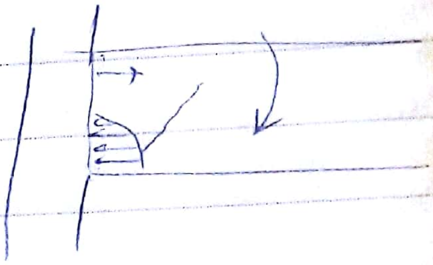


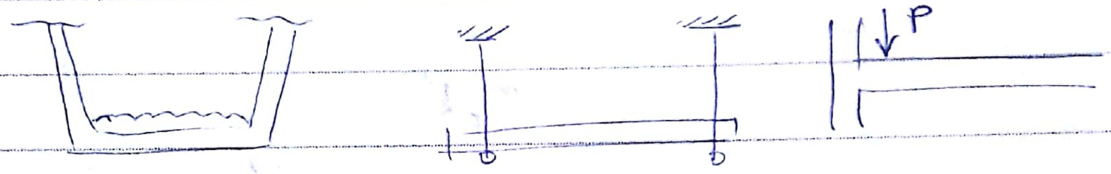
۲_ انتخاب برش طراحی

در فاصله بر تکیه‌گاه تا محل برش نیروی متمرکز وارد شود.









۳_ $V_u < V_{rc}$ ⟵ به لحاظ تئوری نیازی به محاسبه نیست

if $V_u < \frac{1}{2} V_{rc}$ ⟶ نیازی به تأمین آرماتور برشی نیست.

$\frac{1}{2} V_{rc} < V_u < V_c$ ⟶ بایستی حداقل آرماتور برشی تأمین کنیم

۴_ $\left(\frac{A_v}{s}\right)_{min} = 3.5 \frac{b_w}{f_y}$

$V_u < 3V_{rc}$ ⟶ برش در مقطع کم است.
$\begin{cases} < \frac{d}{2} & \text{خاموت قائم} \\ < \frac{d}{8} * (1+\cot\alpha) & \text{مایل} \end{cases}$ ۵_ انتخاب S

$V_u > 3V_{rc}$ ⟶ مقطع با برش زیاد
$\begin{cases} < \frac{d}{4} & \text{خاموت قائم} \\ < \frac{d}{16} (1+\cot\alpha) & \text{خاموت مایل} \end{cases}$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :

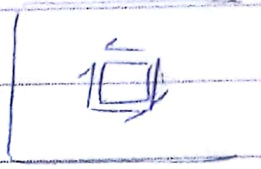
Year : Month : Date :

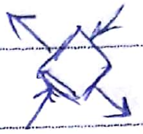
۶- حداکثر برش طراحی

$V_u = V_{rc} + V_{rs}$

$V_u < 5 V_{rc}$ آیین‌نامه قدیم

$< 0.25 f_{cd} b_w d$

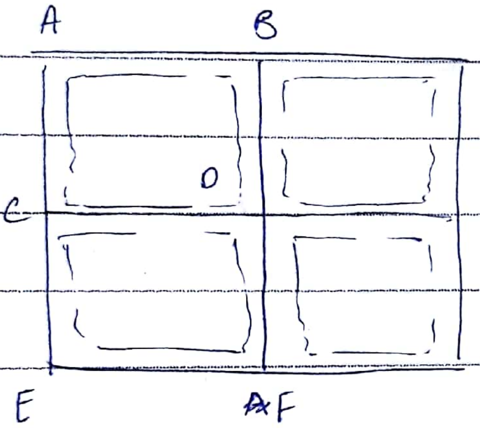


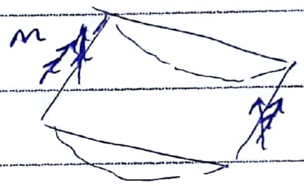


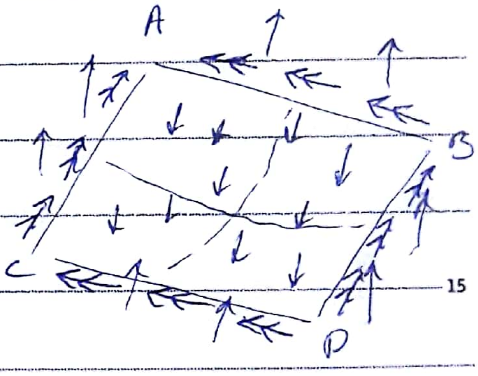
جلسه‌ی چهاردهم: ۱۵

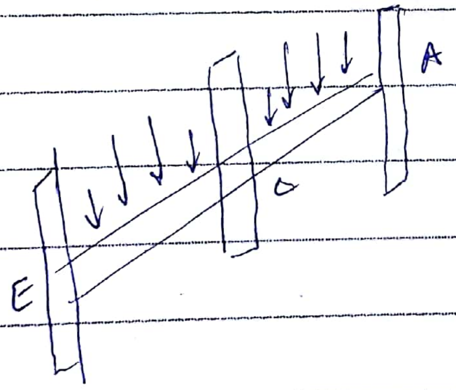
torsian

پیچش









منشأ تنش پیچشی:

۱- در تیرهای لبه ←

۲- 〃 〃 میانی { طول دهانه دال یکسان نباشد.
بارهای چشمه‌ها با هم برابر نباشند.

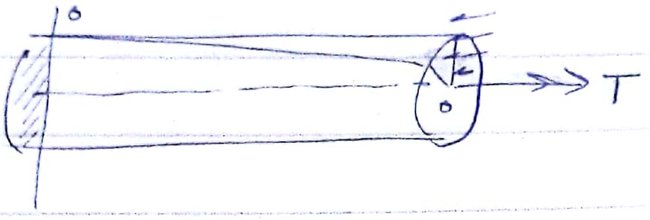
مقاومت مصالح {
۱- مقاطع دایره‌ای
۲- پیچش در مقطع غیر دایره ← }
۳- 〃 〃 جدار نازک

VAHDAT

Scanned by CamScanner

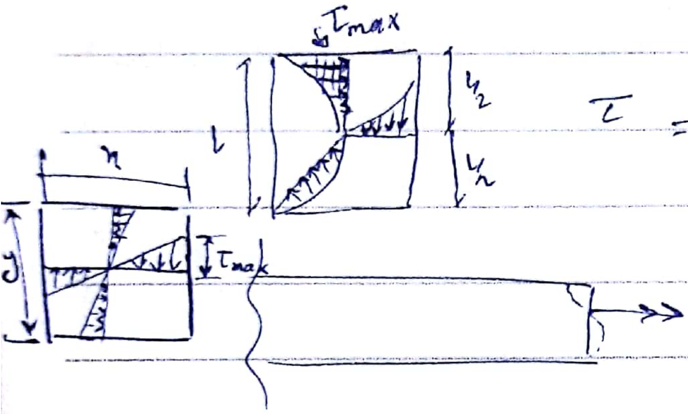
Year: Month: Date:

پیچش در اعضای دایره‌ای:



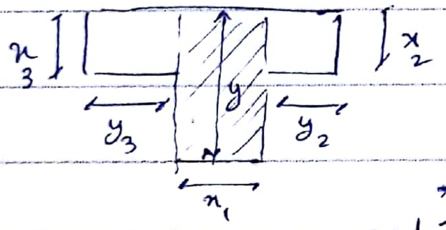
$$\tau = \frac{T.r}{J} = \frac{Tr}{\pi \frac{r^2}{2}} = \frac{2T}{\pi r^3}$$

پیچش در اعضای مستطیلی:



$$\tau = \frac{T}{\alpha x^2 y} \qquad x \ll y$$

y/x	1.	2	3	5	∞
α	0.208	0.246	0.267	0.291	0.33



$$T = \frac{1}{x_{max}} \sum \frac{1}{3} x^3 y \times \tau_{max}$$

شکل T

مقاطع جدار نازک:

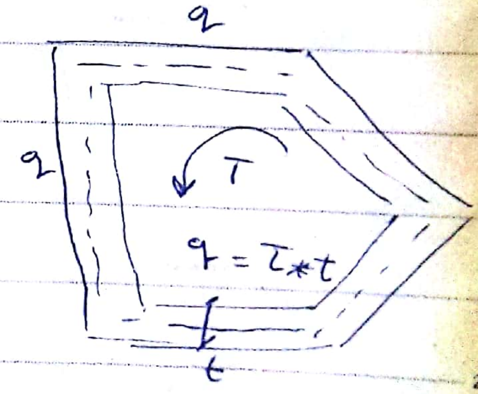
$$* \; T = \frac{1}{x_m} \sum \beta x^3 y (1 - 0.63 \frac{x}{y})$$

مقطع مرکب مستطیلی

$$\tau = \frac{T}{2At}$$

مساحت محصور میان تار — A

ضخامت مقطع — t

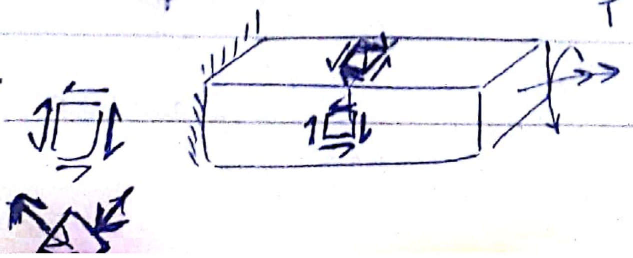


$$q = \tau * t = \frac{T}{2A}$$

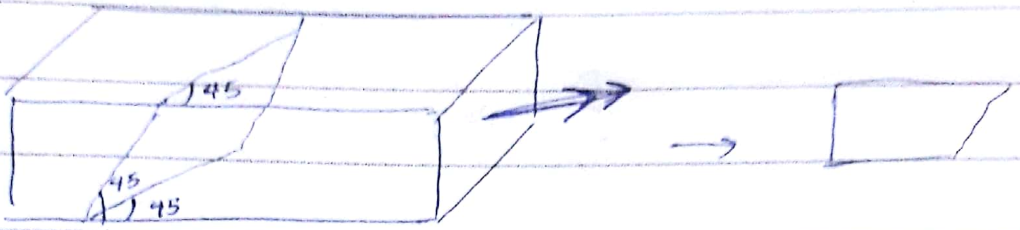
مقدار ثابتی است.

پیچش در مقاطع بتنی:

از قبل از ترک خوردگی: پیچش مقاوم توسط بتن متحمل می‌شود. (T_{rc})

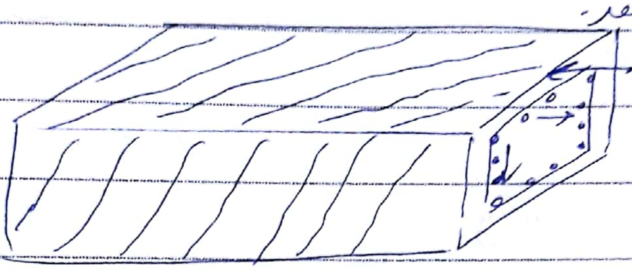


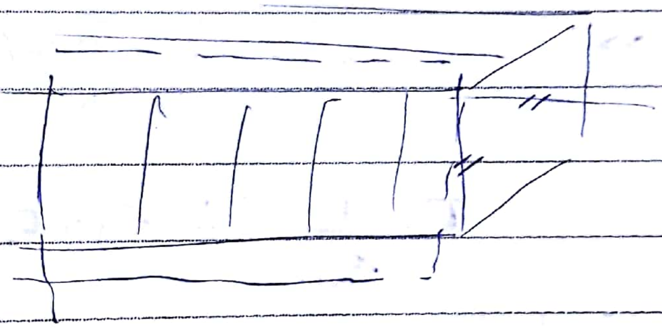
Scanned by CamScanner



② مقاومت ترک خوردگی ← اگر مقطع دارای آرماتور طولی و عرضی مناسب باشد بعد از ترک خوردگی شکل زیر جریان برشی فضایی می دهد.

(T_{rs})



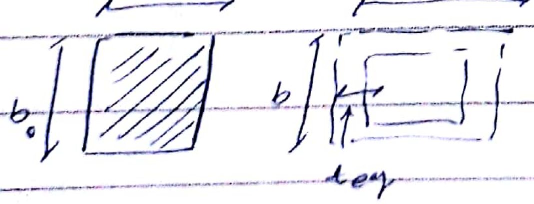


مقاومت پیچشی:
- مقاومت پیچشی قبل از ترک خوردگی — T_{rc}
- مقاومت پیچشی بعد از ترک خوردگی — T_{rs}

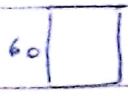
① مقاومت پیچشی مقطع قبل از ترک خوردگی:

تئوری الاستیسیته

مقطع توپر



$$t_{eq} = \frac{0.75 A_{cp}}{P_c}$$ (مساحت / محیط)



$$t_{eq} = \frac{0.75 \times 40 \times 60}{2(40+60)} = 9\,cm$$ ($a_0 \times b_0$ ، $a_0 + b_0$)

$$t_{eq} = \frac{0.75 \pi r^2}{2\pi r} = 0.375 r$$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

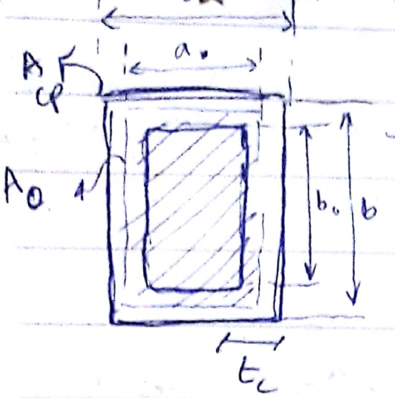
Subject :

Year : Month : Date :

تنش برشی

τ_{cr}

↑



جدار نازک $T_{max} = 2A_0 * \tau_{all} * t_c$

① $T_{rc} = 2A_0 * v_{cp} * t_c$

تنش برشی مقاوم بتن

② $v_{ct} = 2 v_{cd}$

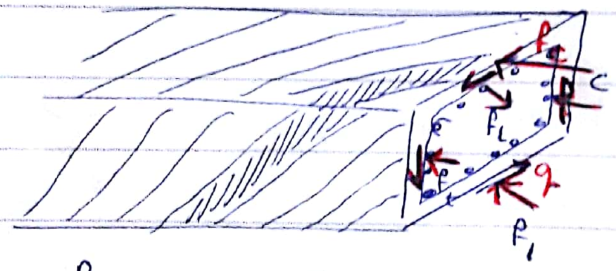
③ $A_0 = \frac{2}{3} A_{cp}$

$T_{rcr} = 2 * \frac{2}{3} A_c * 0.75 \frac{A_c}{P_c} * 2 v_{cd}$

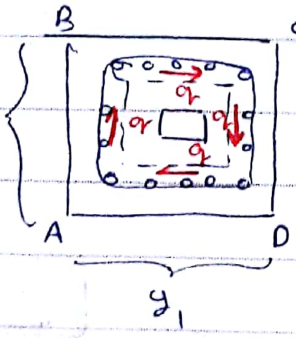
$$T_{rcr} = 2 \frac{A_c^2}{P_c} * v_{cd}$$

$v_{cc} = \phi_c * 0.63 \sqrt{f_{cc}}$

$$T_{ncr} = 2 \frac{A_c^2}{P_c} * v_{cc}$$

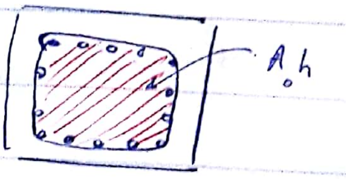


آرماتورهای طولی پیچش برای مقابله با پیچش نیاز داریم.



برش ← فقط خاموت

پیچش ← هر دو



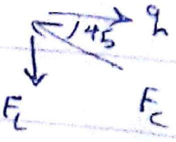
A_h مساحت محصور در خاموت

P_h محیط خاموت

جریان برشی $q = \frac{T}{2A_0}$ مساحت محصور جدار نازک میانی

$V_{BC} = q * b * c = q * y_1$

$V_{BC} = \frac{T y_1}{2A_0}$



$q = F_L$

$V_s = \frac{A_v}{s} f_{yd} = \frac{A_t}{s} f_{yd}$

مقاومت پیچشی: جمع پیچش حاصل از مقاومت برشی در چهار ضلع.

Scanned by CamScanner

Subject :

Year : Month : Date :

$$\frac{T \cdot y_1}{2A_0} = V_{BC} = \frac{A_t}{s} f_{yd}\, d \longrightarrow A_t = \frac{T y_1 s}{2A_0 f_{yd} \cdot d} \xrightarrow{y_1 \simeq d} A_t = \frac{T \cdot s}{2A_0 f_{yd}}$$

$$\longrightarrow T_{rs} = \frac{A_t}{s} \cdot 2A_0 \cdot f_{yd}$$

محاسبه مقاوم مقطع بعد از ترک خوردگی

آیین نامه $A_0 \simeq 0.85 A_c$

محاسبه‌ی آرماتور پیچشی طولی :

آرماتور طولی وجه $A_{L_{BC}} = \dfrac{q * y_1}{f_y} \longrightarrow A_{L_{BC}} f_y = q * y_1 = F_L$ (1)

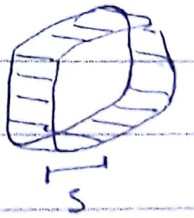
$A_{L_{AB}} = \dfrac{q * x_1}{f_y}$ (2)

(1,2) $\Sigma A_L = A_L = \dfrac{2 * q(x_1 + y_1)}{f_y}$ (1)

$2(x_1 + y_1) = P_h$ محیط خاموت (۲)

(1,2)
$$\begin{cases} A_L = \dfrac{q * P_h}{f_y} \\ q = \dfrac{T}{2A_0} \quad \text{جریان} \end{cases} \longrightarrow A_L = \frac{A_t \cdot P_h}{s}$$

$$\frac{T}{2A_0} = \frac{A_{ts}}{s} * f_y$$



$A_l * P_s = A_t * s$

نقش آرماتورهای طولی :
۱ـ جهت نگهداشتن و مهار نمودن آرماتورهای عرضی،
۲ـ مقاومت دال
۳ـ کنترل بازشدگی ترک‌ها.

VAHDAT

Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

جمع بندی :

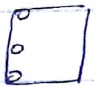
$T_{rcr} = 2\frac{A_c^2}{P_c} V_{cd}$ مقاومت پیچشی قبل از ترک خوردگی

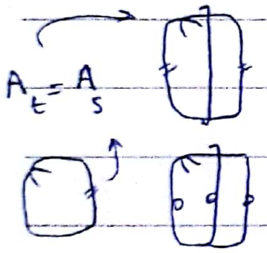
$$\begin{cases} T_r = T_s = 2A_o \frac{A_t}{s} f_{yd} \\ A_o = 0.85 A_c \\ A_l = \frac{A_t}{s} * P \end{cases}$$

مقاومت پیچشی بعد از ترک خوردگی

- دور تا دور مقطع به صورت یکنواخت توزیع کنید.
- باید به آرماتور خمشی اضافه شود.

$$\begin{cases} T_r = \sum 2A_o \frac{A_t}{s} f_{yd} \\ A_l = \sum A_t \cdot \frac{P_h}{s} \end{cases}$$

$< 3\phi$ I 



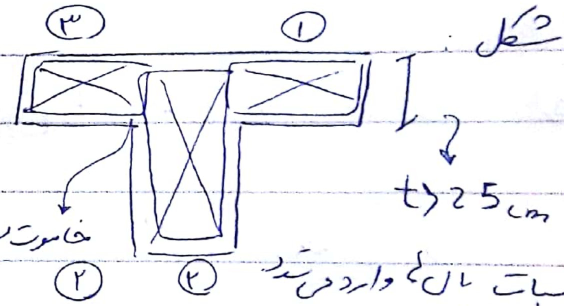
$A_t = A_s$

$A_o = 2A_s$

$A_v = 3A_s$

برش.

T شکل :



در محاسبات بال ها وارد می شود

خاموت پیچشی باید حتما بسته باشد

ضوابط آیین نامه :

① $T_u < 0.25 T_{rcr}$ ⟶ نیازی به آرماتور پیچشی محاسباتی نداریم

② $T_{rcr} > T_u > 0.25 T_{cr}$ ⟶ $T_u = T_s$ برای تنش پیچشی T_u آرماتور پیچشی طراحی کنیم

③ $(2A_t + A_v)_{min} = 3.5 \frac{b s}{f_y}$ $\frac{P_h}{8}$

④ S_{max} (در پیچشی) $= \left(\frac{1}{8} \text{ضلع}, 30cm\right)_{min}$

VAHDAT

Scanned by CamScanner

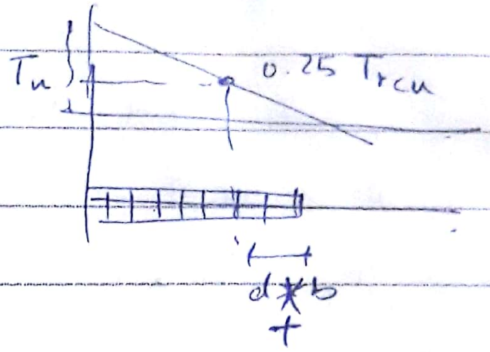
Subject :

Year : Month : Date :

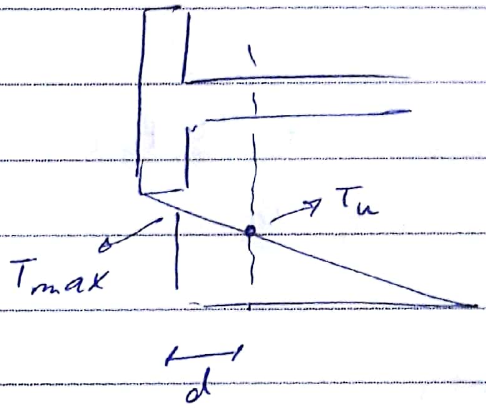
(5) حداکثر فاصله ، آرماتور طولی در کل محیط توزیع شود. $\le 30\,cm$

(6) جاهایی که نیاز به آرماتور پیچشی نداریم

به اندازه‌ی $d+b$ آرماتور پیچشی قرار می‌دهیم



(7) لنگر پیچشی طراحی در فاصله‌ی d از بر ستون انتخاب می‌شود



(8) یادآوری $V_u \le 0.25 f_{cd} \cdot bd$

پیچش تنها:

- مستطیل: $T_u \dfrac{P_h}{A_{oh}} \le 0.25 f_{cd}$
- T شکل: $\dfrac{T_u}{\sum \dfrac{A_{oh}^2}{P_h}} \le 0.25 f_{cd}$

پیچش و برش همزمان:

- مستطیل: $\dfrac{V_u}{b_w d} + \dfrac{T_u \cdot P_h}{1.7 A_o h^2} \le 0.25 f_{cd}$

  $\sqrt{\left(\dfrac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\dfrac{T_u P_h}{1.7 A_o h^2}\right)^2} \le 0.25 f_{cd}$

- T شکل: $\dfrac{V_u}{b_w d} + \dfrac{T_u}{1.7 \sum \dfrac{A_o^2 h}{P_h}} \le 0.25 f_{cd}$

  $\sqrt{\left(\dfrac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\dfrac{T_u}{1.7 \sum \dfrac{A_o h^2}{P_h}}\right)^2} \le 0.25 f_{cd}$

VAHDAT

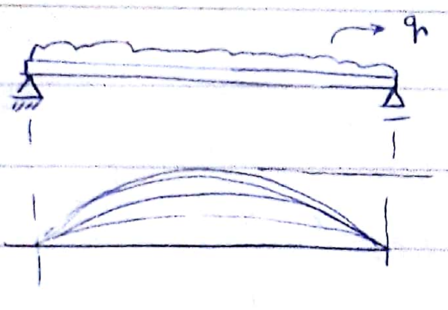
Scanned by CamScanner

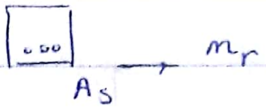
جلسه ی

Subject :

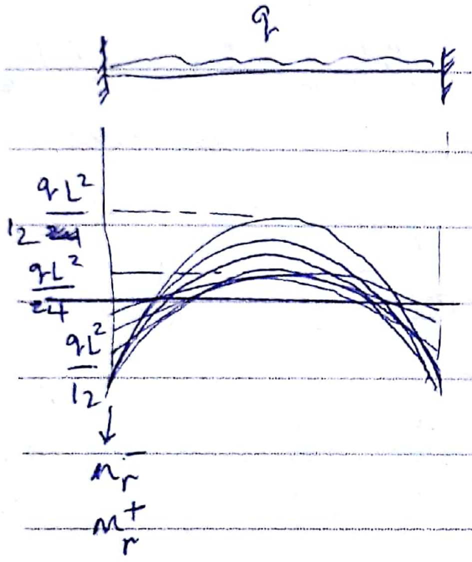
Year : Month : Date :

بازتوزیع پیچش.



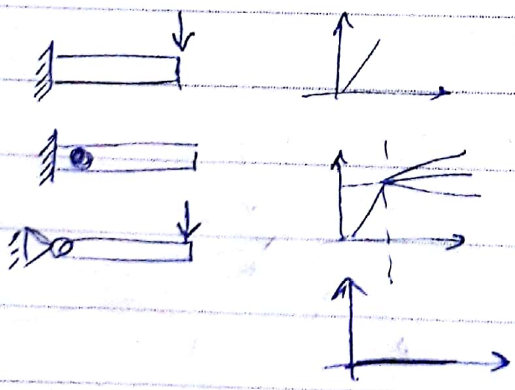


$\frac{qL^2}{8} \rightarrow q_u \rightarrow \frac{q_u L^2}{8} = M_n \rightarrow$



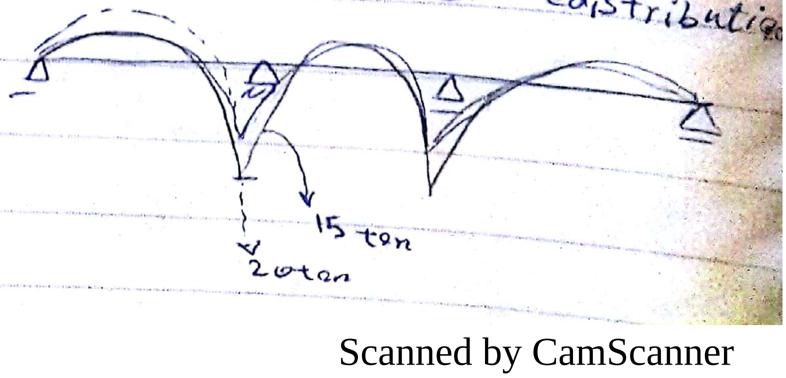
در سیستم های نامعین بعد از آنکه مقدار لنگر در نقاط حداکثری به مقاومت خود رسید با اضافه کردن بار در نقاط حداکثری مقطع به حالت لنگر پلاستیک تبدیل می شود (در حالت پلاستیک شدن مقطع تقریبا مقدار لنگر ثابت می ماند و بدون افت تغییر شکل کمی می یابد). با اضافه نمودن بار مقدار لنگر در محل های دیگر شروع به افزایش می نماید و در واقع لنگر از محل حداکثر به سایر محل ها توزیع می گردد. این عمل را بازتوزیع لنگر می گویند.

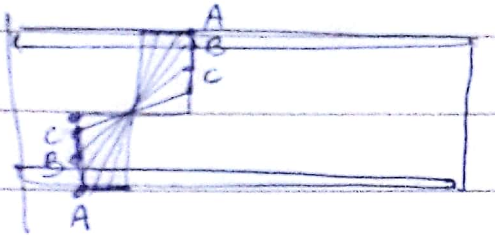
* سیستم های نامعین امکان تشکیل مکانیزم های تسلیم وجود دارد.
* مقاطع کم فولاد، در برابر بارهای بیشتر مقاومت خود، تبدیل به مفصل پلاستیک می شوند.



* در سیستم های نامعین امکان بازتوزیع لنگر وجود دارد.

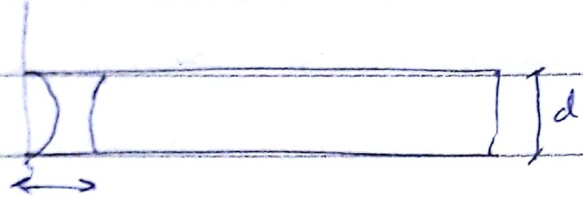
~~dad~~ Redistribution

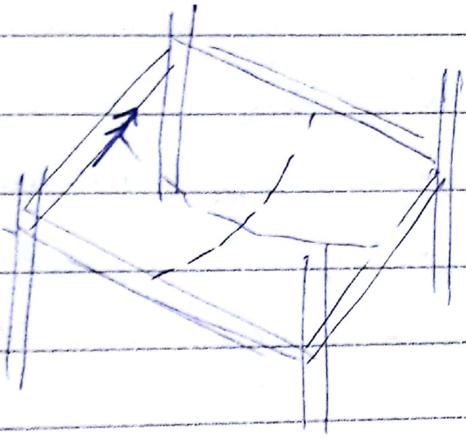


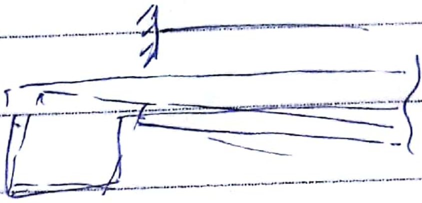


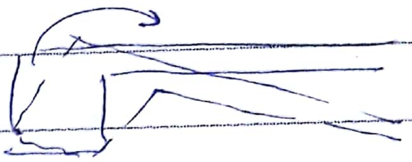
آیین نامه:

در سیستم های نامعین (که در آنها بازتوزیع باعث ناپایداری نگردد) می توان تیرها را به جای طراحی برای لنگر پیچشی تحلیلی با لنگر $0.67\,T_{cr}$ به شرط اینکه اثرات بازتوزیع در طراحی دیده شود.

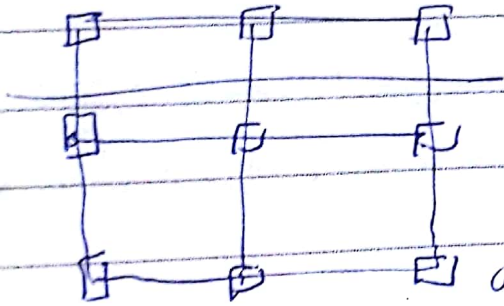




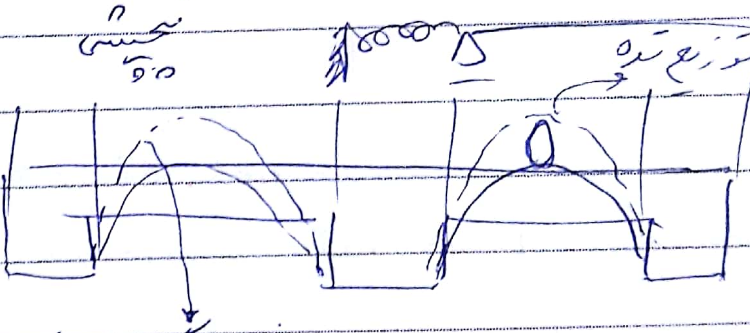




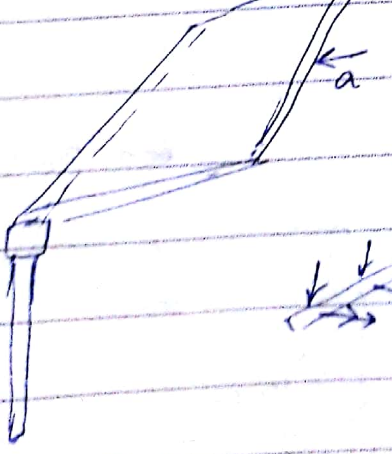
بعد از ترک خوردگی پیچشی

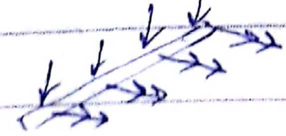


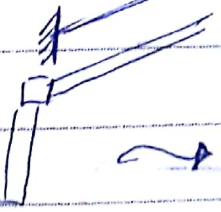
لنگر بازتوزیع شده

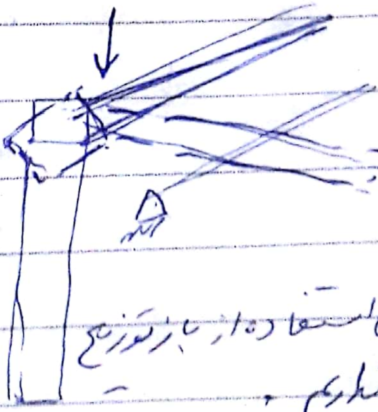


نمودار لنگر بعد از ترک خوردگی پیچشی مید

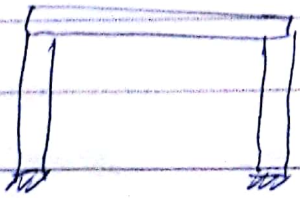








حق استفاده از بازتوزیع نداریم.



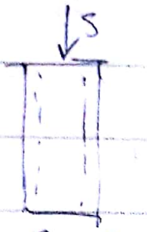
VAHDAT

Scanned by CamScanner

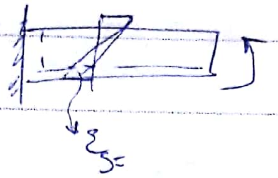
Subject :

Year : Month : Date :

پیوستگی بین بتن و آرماتور Bond Strength

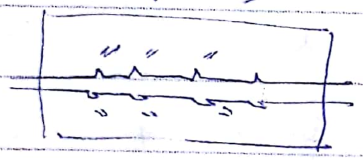


فرض اساسی: همسازی بین بتن و آرماتور

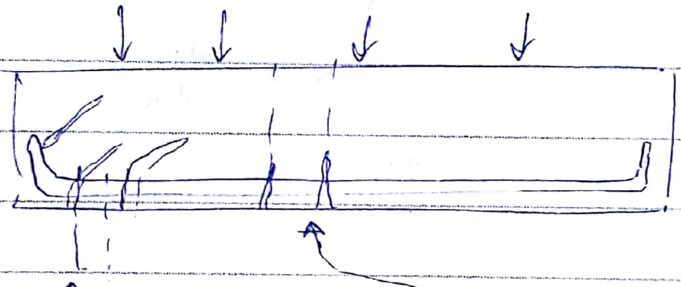


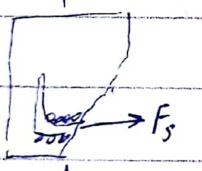
بتن و فولاد کاملاً با یکدیگر متصل هستند (چسبیده اند).

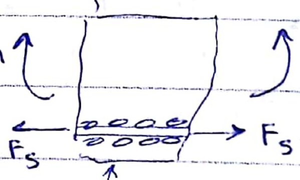
بسته به ویژگی های بتن.



چسبندگی بین بتن و آرماتور:
- چسبندگی بین فولاد و بتن
- آجدار کردن آرماتور (چسبندگی مکانیکی).







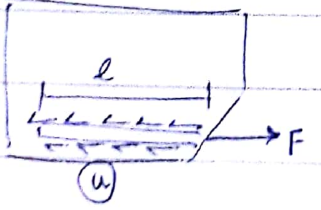
پیوستگی مستقیم (کشش مستقیم).

بتن و آرماتور چسبندگی

- پیوستگی ناشی از خمش.

پیوستگی:
۱- پیوستگی مستقیم
۲- " ناشی از خمش.

پیوستگی مستقیم



تنش چسبندگی

$$F = u * \pi d * l$$

محیط آرماتور

قطر میلگرد

$$\max \rightarrow F_y A_s = u.\pi d.l \rightarrow u = \frac{F_y d}{4l}$$

$$A_s = \frac{\pi d^2}{4}$$

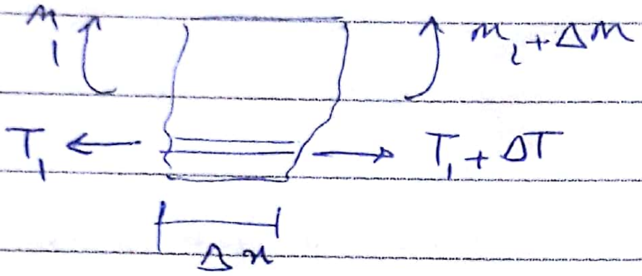
l طول مفتول.

$$u = f(d, l)$$

Subject :

Year : Month : Date :

پیوستگی ناشی از خمش .

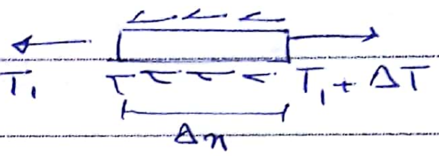


$$T_1 = \frac{M_1}{\text{بازوی لنگر}} = \frac{M_1}{J.d}$$

$$0 < J < 1 \qquad Jd = d - \frac{a}{2}$$

$$T_2 = \frac{M_2}{Jd}$$

طبق تعادل



$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Delta T = U \cdot \Sigma p \cdot \Delta x$$

جمع محیط آرماتورها

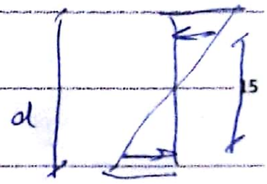
$$V = \frac{dm}{dx}$$

$$U = \frac{\Delta T}{\Sigma p * \Delta x} = \frac{\Delta M}{Jd\ \Delta x \Sigma p} = \frac{\Delta M}{\Delta x} \frac{1}{Jd \Sigma p}$$

$$U = \frac{V}{Jd * \Sigma p} \longrightarrow U = f(V, \Sigma p, Jd)$$

تنش چسبندگی ناشی از خمش .

محیط آرماتور برش



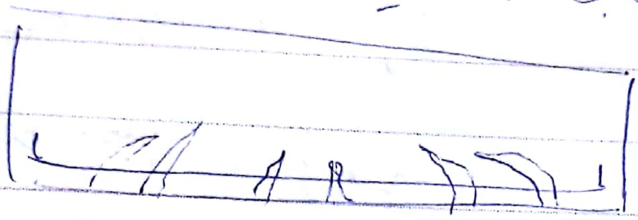
در طول های کم قطع و خم وصل آرماتور

VALIDAT

Subject :
Year : Month : Date :

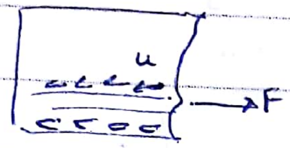
مار بیوستگی بتن و آرماتور:

سازگاری بتن و آرماتور ← کرنش های بتن و آرماتور یک شد.

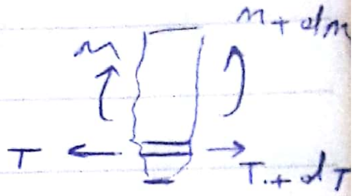


انواع پیوستگی { ۱- پیوستگی مستقیم. ۲- پیوستگی ناشی از خمش

$\Sigma F = 0$

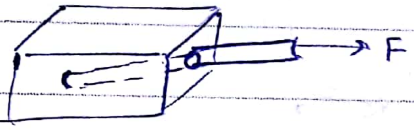


$$u = \frac{f_y d_b}{4l}$$



$$u = \frac{\Delta m}{\Delta x} \cdot \frac{1}{jd \Sigma P} = \frac{V}{jd \Sigma p}$$

آزمایش بیرون کشیدن Pull out Ters



مقاومت پیوستگی براساس آزمایش.

$$U_u = \frac{6.4\sqrt{f'c}}{d_b} \leq 56 \ \frac{kg}{cm^2}$$

L_d (Development length) طول گیرداری

$U = \frac{f_y d_b}{4l}$ ①

U_u ②

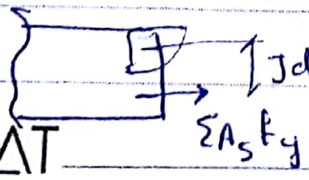
$$\rightarrow U_u = \frac{f_y . d_b}{4 l_d} \rightarrow l_d = \frac{f_y d_b}{4 U_b}$$

پیوستگی ناشی از نیروی مستقیم

حداقل طول مورد نیاز برای اینکه آرماتور تحت اثر نیروی نهایی آستانه تسلیم ابیرون کشیده شود.

پیوستگی در خمش:

$$U = \frac{V}{\Sigma P \, Jd} < U_u \longrightarrow \frac{V}{\Sigma P \, Jd} * \frac{\Sigma A_{sb} f_y}{M_r \ \Sigma A_{sb} f_y} = \frac{V \frac{d_b}{4} f_y}{M_r} < U_u$$



$$\Sigma \frac{A_{sb}}{P} = \Sigma \frac{\pi \, d_b^2/4}{\pi d_b} = \frac{d_b}{4}$$

$$\frac{M_r}{V} \geq \frac{d_b f_y}{4 U_u} \rightarrow \frac{M_r}{V_u} \geq l_b$$

L_b

رابطه کنترل پیوستگی در خمش.

VAHDAT

۴۰

Scanned by CamScanner

Subject :
Year : Month : Date :

محاسبه‌ی طول گیرایی آرماتور :

الف) طول گیرایی مبنا l_{bd}

قطر آرماتور

$$l_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b}$$

ضریب موقعیت = λ_2
ضریب قطر = λ_1
فرآیند .

$$f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd} \longrightarrow f_{bd} = 2.1\sqrt{f_{c}} \quad \frac{kg}{cm}$$

$$\lambda_1 = \begin{cases} 1 & d_b \geq 20 \\ 0.8 & d_b < 20 \end{cases}$$

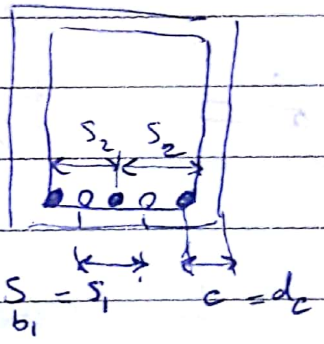
$$\lambda_2 = \frac{c + k_{tr}}{1.8 d_b}$$ → فاصله‌ی میلگردهای قطع شده از هم

* فاصله‌ی میلگردهای قطع شده تا روی بتن .
* میزان خاموت .

میلگردهای عرضی .

$$k_{tr} = \frac{A_{tr} f_y}{100\, s\, n}$$

s: فاصله‌ی خاموت‌ها .
n: تعداد میلگردهای قطع شده در محل .



λ_2 : روش ساده

تیرها و ستون‌ها
- 0.85 : $c \geq d_b$ (d_c) ، $s_b \geq d_b$ ، حداقل خاموت تأمین شده باشد . $\left(\frac{A_v}{s} \geq 3.5\, b\, f_y\right)$
- 0.6 : سایر موارد .

دال‌ها و سایر مقاطع
- 0.85 : $d_c > d_b$ ، $s_b > 2 d_b$
- 0.6

Scanned by CamScanner

طول مهاری :

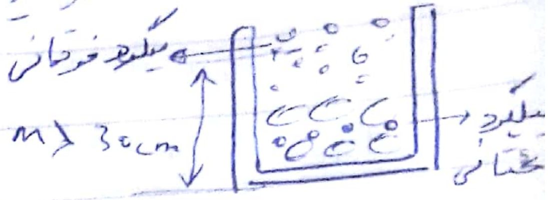
$$l_b = k_1 k_2 k_3 l_{bd}$$

k_1: ضریب موقعیت

k_2: ضریب پوشش اندود

k_3: ضریب اضافه آرماتور

l_{bd}: طول گیرایی مبنا



$$k_1 \begin{cases} m < 300mm & 0.8 \\ m > \text{"} & 1 \end{cases}$$

مراحل انجام کار :

$$k_2 \begin{cases} 1.4 \\ 1.2 \\ 1.0 \end{cases}$$

1.4 ، 1.2 : پوششی . اپوکسی

1.0 → میلگرد عادی

۱- محاسبه f_{bd}

۲- " $f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$

$$k_3 = \frac{\text{مقدار آرماتور محاسباتی}}{\text{" " تامین شده}} \le 1.0$$

۳- محاسبه طول گیرایی مبنا .

$$L_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b}$$

۴- محاسبه طول گیرایی .

$$L_d = k_1 k_2 k_3 l_{bd}$$

$$\frac{L_d}{d_b} = \frac{k_1 k_2 k_3}{8.4 \lambda_1 \lambda_2} \frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}}$$

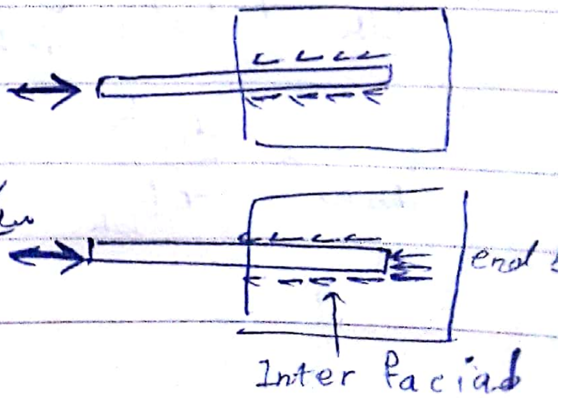
$$L_d = \left[\frac{0.272 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b} \right)} \right] d_b \geq 30cm$$

محاسبه طول مهاری میلگرد در فشار

$$l_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4 f_{bc}}$$

$$f_{bc} = 1.5 f_{bd} = 3.15 \sqrt{f_{cc}}$$ ← میلگرد آجدار

$$= 0.75 f_{bd}$$ ← میلگرد صاف



Scanned by CamScanner

Subject :

Year : Month : Date :

$l_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 l_{dcb}$ طول مهاری فشاری

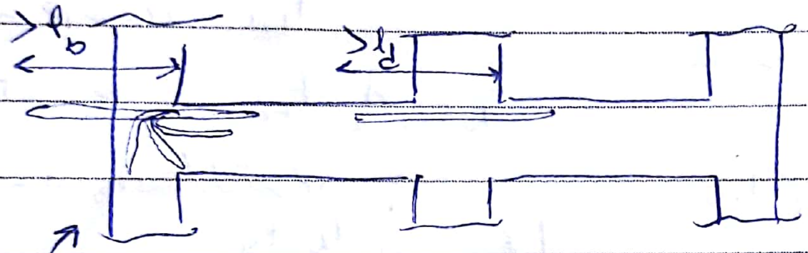
ضریب مقدار آرماتور $\alpha_1 = \frac{\text{مقدار آرماتور لازم}}{\text{مقدار آرماتور فراهم شده}}$

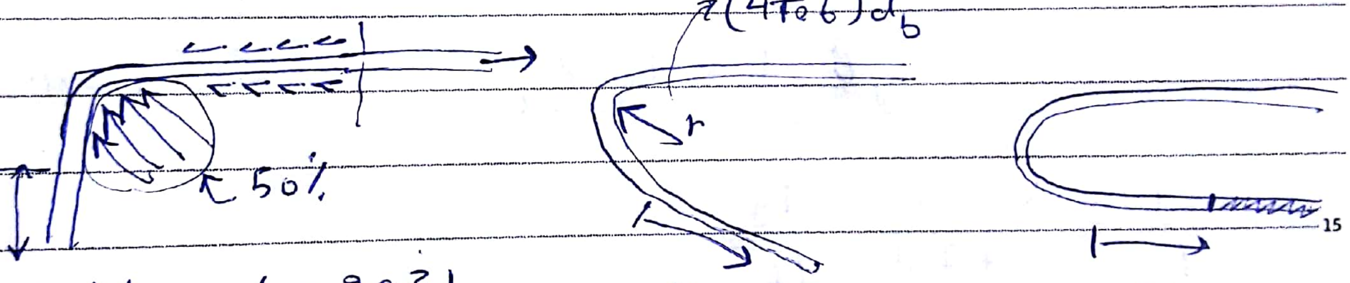
$\alpha_2 \begin{cases} 0.75 & \text{در صورت دورپیچ} \\ 1.0 & \end{cases}$

آیین نامه → $\phi 6 @ 100$

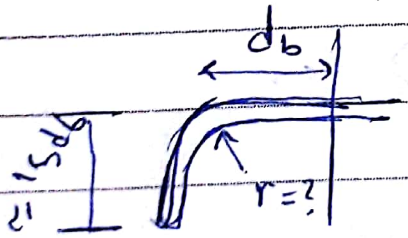
$$\frac{l_{dc}}{d_b} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{12.6} \frac{f_y}{\sqrt{f_{cc}}}$$

مهار آرماتورهای قلاب دار





$(6 \text{ to } 10) d_b$ (۹۰ درجه) (135) (180°)



$$l_{dh} = \beta_1 \beta_2 \beta_3 l_{dhb}$$

$$l_{dhb} = \frac{d_b f_y}{4 f_{bh}}$$

$f_{bh} = 1.5 f_{bd} = 3.15 \sqrt{f_{cc}}$ میلگرد آجدار

0.75 ساده

VAHDAT

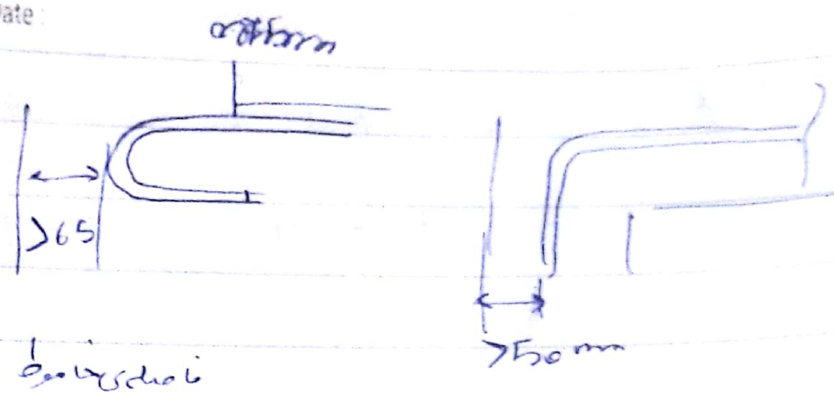
۴۰۱۰۲

Scanned by CamScanner

Subject :

Year : Month : Date :

ضریب پوشش بتن $\beta_1 = \begin{cases} 1 \\ 0.7 \end{cases}$



$\beta_2 = \begin{cases} 1 & \text{فاصله ی خاموت} \\ 0.8 & \text{شرایط خاص میلگرد گذاری} \end{cases}$ $\quad s < 3d_b$

ضریب مقدار آرماتور $\beta_3 = \dfrac{\text{مقدار آرماتور لازم}}{\text{مقدار آرماتور تامین شده}}$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{\beta_1 \beta_2 \beta_3}{12.6} \frac{f_y}{\sqrt{f_{cu}}}$$

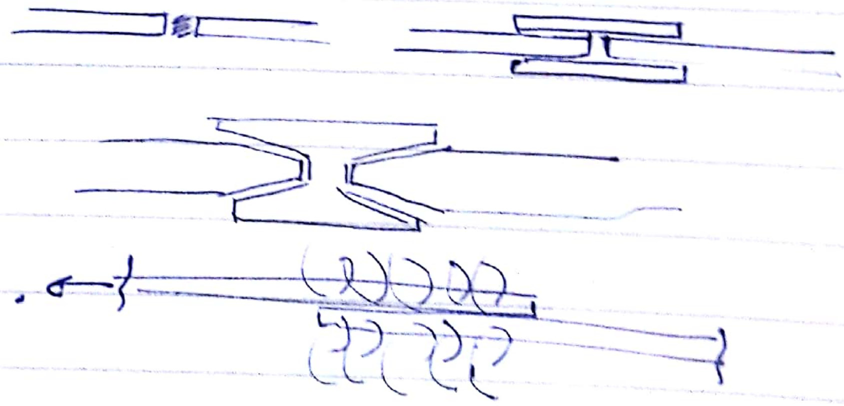
محل وصله :

وصله :

$6 \le 12$ cm

آرماتور مقاوم. $\begin{cases} > 25 & 12\text{ m} \\ \le 25 & \text{قطعات کوتاه تری} \end{cases}$

انواع وصله میلگردهای کششی.
- جوشی
- مکانیکی
- وصله پوششی



A_s وصله پوششی میلگرد در کشش.
- کلاس A → $l_d = l_s$
- کلاس B → $l_s = 1.3 * l_d$

VAHDAT

وصله شدن های پوششی حداکثر صورت میگیرد. بیشتر از 50% میلگردها وصله شده.

۴۲